

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА :  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИЕСТЕСТВЕННЫЕ И  
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 1 2016 (январь)

Учредитель журнала  
Общество с ограниченной ответственностью  
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**Редационный совет**

- А.В. Царегородцев** – д.т.н., профессор Российский государственный гуманитарный университет
- Ю.Б. Миндлин** – к.э.н., доцент Московский государственный машиностроительный университет
- М.М. Безрукова** – д.б.н., профессор, директор Института возрастной физиологии РАО
- Н.Н. Грачев** – профессор Московского государственного института электроники и математики (технический университет), доктор высшей ступени в области технических наук (Doctor Habilitatus).
- А.И. Гусева** – д.т.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"
- А.Я. Качанов** – д.воен.н., профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)
- А.И. Квасов** – д.т.н., профессор, академик Казахской Национальной Академии естественных наук, Восточно–Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева
- С.М. Надежкин** – д.б.н., профессор Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии
- Б.А. Прудковский** – д.т.н., профессор, эксперт по высшему образованию группы компаний "ИНТЕРСЕРТИФИКА",
- С.Э. Саркисов** – д.м.н., профессор Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии
- В.В. Сергиевский** – д.х.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета "МИФИ"
- А.П. Симоненков** – д.м.н., профессор Института хирургии им. Вишневского РАМН

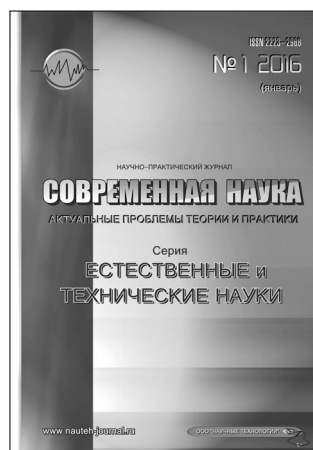
**Издатель:**

Общество с ограниченной ответственностью  
«Научные технологии»  
Адрес редакции и издателя:  
109443, Москва, Волгоградский пр–т, 116–1–10  
Тел/факс: 8(495) 755–1913  
E-mail: redaktor@nauteh.ru  
http://www.nauteh-journal.ru  
http://www.vipstd.ru/nauteh

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере  
массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС 77–44912 от 04.05.2011 г.

Scientific and practical journal

**В НОМЕРЕ:**

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ  
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И  
ИНФОРМАЦИОННО–ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ  
И СИСТЕМЫ. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ  
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
И УПРАВЛЕНИЕ, КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Журнал издается с 2011 года

**Редакция:**

Главный редактор

**А.В. Царегородцев**

Выпускающий редактор

**Ю.Б. Миндлин**

Верстка

VIP Studio ИНФО ( <http://www.vipstd.ru> )Подписной индекс издания  
в каталоге агентства «Пресса России» – 80016

В течение года можно произвести  
подписку на журнал непосредственно в редакции.

Авторы статей несут полную ответственность  
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал  
«Современная наука: Актуальные проблемы  
теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии  
ООО «КОПИ–ПРИНТ»  
тел./факс: (495) 973–8296

Подписано в печать 02.02.2016 г.  
Формат 84х108 1/16  
Печать цифровая  
Заказ № 0000  
Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



## ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

**Н.С. Сиханова, И.И. Рахимов** – Особенности орнитоценоза и фитоценоза озера Картма в зоне восстановления Северного Арала (результаты экспедиции 2014 года)

*N. Sikanova, I. Rakhimov – Ornitotsenoz and phytocenosis of lake Cartma in the recovery zone of the Northern Aral sea* .....3

**К.А. Шаповалов** – Рассеяние света гексагональной пирамидой и иглоподобным столбиком в приближении Рэлея–Ганса–Дебая

*K. Shapovalov – Light scattering by a hexagonal pyramid and needle-shaped column in the Rayleigh-Gans-Debye approximation* .....9

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

**О.П. Германович, И.Ф. Казан** – Проблемы синтеза согласованного аналогового Вейвлет фильтра

*O. Germanovich, I. Katsan – Synthesis problem consistent wavelet filter* .....15

## РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

**С.Ц. Жамбалова, В.А. Шпенст** – Проблемы измерения высокочастотных процессов в электромеханических системах

*S. Zhambalova, V. Shpenst – The problem of measuring highly dynamic processes in electromechanical systems* .....18

**А.В. Останков, Н.Н. Щетинин** – Микрополосковый направленный ответвитель, выполненный на основе отрезков искусственных длинных линий

*A. Ostanokov, N. Shchetinin – The microstrip directional coupler on the basis of segments of artificial transmission lines* .....22

**А.В. Сучков** – Низкопрофильный волноводный мост

*A. Suchkov – Low-profile waveguide bridge* .....25

**Н.Э. Унру** – Метод расчёта нелинейных искажений в устройствах, содержащих PIN-диоды

*N. Unru – Method of calculation nonlinear distortions in the devices containing PIN-diodes* .....29

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

**Ю.И. Володина** – Модели и методы информационной поддержки управления транспортным обслуживанием населения больших и средних городов

*Yu. Volodina – Models and methods of decision support by information system for urban transportation control in medium and big towns* .....33

**А.С. Григалашвили** – Реализация модели заполнения и разгрузки усреднительного склада руды

*A. Grigalashvili – Implementation of ore blending store filling model* .....44

**И.А. Панкратов** – Об аппроксимации оптимальных траекторий методом поточечной коллокации

*I. Pankratov – Collocation method for approximation of optimal trajectories* .....49

**В.А. Седов, Н.А. Седова** – Система поддержки принятия решений при плавании судов в условиях ограниченной видимости

*V. Sedov, N. Sedova – The decision-making support system for navigation in restricted visibility* .....53

**Г.В. Сироткин** – Новый подход формирования показателей на основе структуры ВУЗ-ов

*G. Sirotkin – A new approach generating indicators based on the structure of Universities* .....59

**В.А. Тушавин** – К вопросу о сравнении эффективности алгоритмов ранжирования

*V. Tushavin – To the problem of efficiency comparison of ranking algorithms* .....67

## КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

**А.М. Аванесов, А. Зурначян** – Влияние металлических ортопедических конструкций на состояние органов и тканей полости рта

*A. Avanesov, A. Zurnachyan – Influence of metal prosthetics constructions on the organs and tissues of oral cavity* .....71

**Р.Р. Бериханова, И.А. Миненко** – Динамика уровня половых гормонов на фоне негормональной коррекции климактерических нарушений у пациенток с метаболическим синдромом

*R. Berihanova, I. Minenko – Dynamics of the level of the sexual hormones against the background of the nonhormonal correction of climacteric disorders in patients with the metabolic syndrome* .....76

**Т.Н. Климова, В.А. Степанов, Н.Н. Климова, В.В. Дербитова** – Роль временной иммобилизации зубов в комплексной реабилитации пациентов с заболеваниями пародонта

*T. Klimova, V. Stepanov, N. Klimova, V. Derbitova – The role of time immobilization teeth in the complex rehabilitation of patients with periodontal disease* .....79

**Ю.С. Константинова, Е.Ю. Устинова, А.Н. Редькин** – Возможности рентгенэндоваскулярных вмешательств в лечении местно-распространенного плоскоклеточного рака головы и шеи

*Yu. Konstantinova, E. Ustinova, A. Redkin – Features endovascular interventions in treatment of locally advanced squamous cell carcinoma head and neck* .....84

**О.М. Селина** – Контактная коррекция рубцового астигматизма

*O. Selina – Contact astigmatism correction rumen* .....89

## ИНФОРМАЦИЯ

Наши Авторы / Our Authors .....95

Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале .....96

# ОСОБЕННОСТИ ОРНИТОЦЕНА И ФИТОЦЕНОЗА ОЗЕРА КАРТМА В ЗОНЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕВЕРНОГО АРАЛА (результаты экспедиции 2014 года)

## ORNITOTSENOZ AND PHYTOCENOSIS OF LAKE CARTMA IN THE RECOVERY ZONE OF THE NORTHERN ARAL SEA (expedition of 2014)

*N. Sikhanova  
I. Rakhimov*

### Annotation

Wetlands of the Syrdarya river delta lake systems are a key point of bird migration. The article presents data on the recovered succession riparian zones the lake Cartma example ornitotsenoz. Defined the species composition of birds, spatial distribution and quantitative indicators avifauna. Also assessed the abundance of different species in plants of phytocenosis coastal zones as biotopes populated by birds.

**Keywords:** Northern Aral Sea, Lake Map, wetlands, avifauna.

*Сиханова Нургуль Сагиндыковна  
Аспирант, Казанский  
(Приволжский) федеральный  
университет  
Рахимов Ильгизар Ильясевич  
Д.биол.н., профессор,  
Казанский (Приволжский)  
федеральный университет*

### Аннотация

Водно-болотные угодья озерных систем дельты реки Сырдария являются ключевым участком миграции птиц. В статье представлены данные по восстановительной сукцессии околоводной зоны озера Картма на примере орнитоценоза. Определен видовой состав птиц, территориальное распределение и количественные показатели орнитофауны. Проводилась оценка обилия различных видов растений в фитоценозе прибрежной зоны, как биотопов заселяемых птицами.

### Ключевые слова:

Северное Аральское море, озеро Картма, водно-болотные угодья, орнитофауна.

### Озерные системы дельты реки Сырдария

Озерные системы и водно-болотные угодья дельты реки Сырдария являются источником стабильного существования водных и околоводных экосистем Северного Аральского моря. Естественные озера в дельте Сырдарии состоят из шести основных систем: Куандарьинская, Аксайская, Камыслыбасская, Акшатауская, Приморская правобережная, Приморская левобережная. Каждая из озерных систем представляет собой совокупность отдельных озер и болот, связанных сложной сетью естественных протоков, искусственных каналов 1.

Исследованиями Аральского моря занимались с XIX века. Первое комплексное исследование Аральского моря (глубина, площадь, количество и описание островов) было проведено Бутаковым А.И. в 1848–1849 г.г. 2.

### Приморская левобережная озерная система

Приморская левобережная система занимает приус-

тьевой левобережный участок реки Сырдария между поселками Жанакурлыс и Каратерень. В составе системы 10 водоемов, в нее входят: пойма Акбасты-Караколь и озера: Ушайдын, Науша, Жыланды, Жулдыз, Жарыкколь (Жарколь), Картма, Куйылыс, Баян, Жангылышарал. Все озера относятся к малым и средним водоемам площадью 5–8 км<sup>2</sup>, средняя глубина 2–3 метра 1.

До 70-х годов XX века несколько озер из левобережной системы были заливами Аральского моря, а именно Картма, Куйылыс, Жарыкколь, Баян, Жангылышарал 3.

### Научная экспедиция Арал - 2014

Осуществлено два экспедиционных выезда (26–31 июля и 14–20 августа) по Кызыл-Ординской области Республики Казахстан.

### Цель:

изучение состояния фауны водных и околоводных птиц озера Картма.

### Задачи экспедиции:

определение видового состава орнитофауны озера Картма, закладка учетных геоботанических площадок.

В качестве объекта выбрана орнитофауна прибрежных биотопов, как показатель освоенности биотопа.

Сроки и места полевых работ

26 июля 2014 года из кента Айтеке би Кызылординской области осуществлен автомаршрут в село Каратерень. С 27 по 30 июля производились учеты птиц озера Картма. Обследования включали линейные трансекты и ежедневные водные маршруты на лодке по акватории водоема.

14 августа 2014 года выехали из кента Айтеке би в село Каратерень. С 15 по 18 августа проводились учеты птиц, 19 августа закладка учетных геоботанических площадок на прибрежной зоне озера Картма. 20 августа выезд по маршруту Каратерень – кент Айтеке би – Кызылорда.

Методы исследований

Учеты птиц, наблюдение и фотографирование объектов производилось в утреннее и вечернее время суток на 4-х фиксированных линейных трансектах (площадь каждой 100 x 100 м.), расположенных в прибрежной части водоема. При определении площадок ориентировались по сторонам света, соответственно, северная, восточная, южная, западная, с прилегающими мелководьями.

Кроме этого, каждый день проводился водный маршрут на лодке по акватории водоема. Продолжительность учета птиц составлял в среднем один час 4,5. В качестве определителя видов использовались: Хроков, Складенко; Рябицев и др.; Долгушин; Тапалов, 6–9.

Оценка участия видов в сложении фитоценоза проводилась глазомерным методом учета обилия 10–13. Пробные площадки располагались аналогично линейных трансект, в пределах каждого участка закладывались

учетные площади размером – 10 м. x 10 м, которые располагались по линии от кромки воды, в 10 м. и 50 м. от воды. Всего было заложено 12 площадок. На пробных площадках учитывалось обилие видов растений, выявлялся флористический состав, определялся тип сообщества, при этом стремились к охвату наиболее типичных растительных группировок. Результаты учета растительных сообществ геоботанических площадок обозначались по шкале Друде (табл. 1).

Изучались пробы почв на геоботанических площадках, определялся тип почвы, структура и механический состав.

Результаты и обсуждение учетов птиц

Исследования орнитоценоза приморских озерных систем ранее проводили Хроков В.В. в 2004 г., Березовиков Н.Н. в 2011 г. и т.д. 4–7. В задачи экспедиции 2014 г. входило уточнение статуса пребывания видов птиц и их биотопическую привязанность к определенным участкам.

Видами, занесенными в Красную книгу Казахстана, являются белоглазый нырок, могильник, кречетка.

Доминирующими видами побережья озера Картма являются хохотунья, золотистая щурка, деревенская ласточка, черноголовая трясогузка, тростниковая овсянка; прибрежную часть водоема занимают авдотка, белохвостая пигалица, ходулочник, черная крачка, речная крачка; в самой акватории озера распространены кряква, красноносый нырок. Из хищников наибольшее количество встреч отмечено для болотного луна. Северная часть озера отличается большим разнообразием, чем более сухое южное и восточное побережье озера.

Восстановление озерных систем, и в частности озера

Таблица 1.

Численность и проективное покрытие особей растений по глазомерной оценке в баллах: Шкала оценок обилия по Друде (с дополнениями А.А. Уранова, П.Д. Ярошенко) 10-13.

Балл	Обозначение обилия по Друде	Характеристика обилия	Среднее наименьшее расстояние между особями, см	Проективное покрытие, %
1.	sol (solitariae)	Единично	Не более 150	Менее 10
2.	sp (sparsae)	Рассеянно	100 - 150	30 - 10
3.	cop 1 (copiosae 1)	Довольно обильно	40 - 100	50 - 30
4.	cop 2 (copiosae 2)	Довольно обильно	20 - 40	70 - 50
5.	cop 3 (copiosae 3)	Очень обильно	Не более 20	90 - 70

Таблица 2.

Количество птиц отмеченных на озере Картма.

№	Виды	26-31.VII.2014	14-20.VIII.2014
1.	Egretta alba		4
2.	Ardea cinerea	2	
3.	Ardea purpurea	3	
4.	Anser anser	7	10
5.	Anas platyrhynchos	40	52
6.	Anas crecca		17
7.	Netta rufina		23
8.	Aythya nyroca	6	8
9.	Circus aeruginosus	2	1
10.	Buteo rufinus	1	1
11.	Aquila heliaca	1	1
12.	Falco naumanni		2
13.	Fulica atra	4	5
14.	Burhinus oedicnemus	21	15
15.	Charadrius dubius		4
16.	Chettusia gregaria	1	4
17.	Vanellus vanellus	5	6
18.	Vanellochettusia leucura	31	42
19.	Himantopus himantopus	26	26
20.	Tringa ochropus	8	7
21.	Tringa glareola		2
22.	Tringa nebularia		1
23.	Actitis hypoleucos	3	3
24.	Xenus cinereus		1
25.	Calidris minuta		1
26.	Limicola falcinellus	1	1
27.	Lymnocyptes minimus	2	
28.	Gallinago gallinago		1
29.	Larus argentatus	4	5
30.	Larus cachinnans	64	61
31.	Larus canus		2
32.	Chlidonias niger	29	25
33.	Chlidonias hybrida	21	18
34.	Gelochelidon nilotica	16	14
35.	Hydroprogne caspia	23	22
36.	Sterna hirundo	40	27
37.	Sterna albifrons	13	8
38.	Merops persicus	94	78
39.	Upupa epops	2	4
40.	Hirundo rustica	57	45
41.	Motacilla feldegg	63	28
42.	Motacilla personata	32	14
43.	Acrocephalus scirpaceus	2	1
44.	Acrocephalus stentoreus		2
45.	Oenanthe deserti	6	4
46.	Emberiza schoeniclus	164	180
	Всего	812	776

Картма, характеризовалось формированием в прибрежной зоне густых зарослей тростника, являющихся местом гнездования птиц. Создавшиеся условия на озере Картма являются благоприятными для обитания, кормежки и размножения многих видов водоплавающих и околоводных птиц. Неустойчивые растительные сообщества прибрежной зоны создают благоприятные условия для заселения многих видов, формирующих орнитоцен оз. Картма. Наблюдается процесс восстановленной сукцессии прибрежной зоны с постепенным вхождением различных представителей орнитофауны. Всего в период наблюдений 26–31 июля было зарегистрировано 35 видов птиц, в промежутке 14–20 августа отмечено 43 вида птиц.

#### Результаты описания геоботанических площадок

**1.** Северный берег озера Картма – огибает с южной стороны село Каратерень, который расположен между устьями каналов Каратерень–1 и Каратерень–2. Почва выбранных участков покрывается солонцами с отдалением от берега озера, соответственно плотность растительного покрова на площадках уменьшается. Большая часть растений северного берега молодые заросли ив высотой 20–30 см.

1.1. Участок №1. Рядом с кромкой воды. Территория – болотистая, почва представлена преимущественно сероземами. В растительном покрове преобладает рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.), плотность произрастания высокая, обилён, высота растений 20–80 см.

1.2. Участок №2. В 10 м от воды. Грунт на половине участка болотистый. Вторая половина сухая, почва – солонцы. На данном участке доминирует тамариск ветвистый (*Tamarix ramosissima* Ledeb.) солерос европейский (*Salicornia europaea* L.) и солерос sp. (*Salicornia* L.)

1.3. Участок №3. В 50 м от воды. Почва характеризуется преимущественно солонцами. Растительность представлена единичными кустами солероса европейского и тамариска.

**2.** Западный берег о. Картма – здесь находится деревня Старый Каратерень. Как известно, вплоть до 80–х гг. XX века границы Аральского моря находились в 700–800 м. от западного берега о. Картма. Старый Каратерень располагался на возвышенности между отмеченными водоемами. Почва данного берега песчаная. Следует подчеркнуть, что самые высокие растения (150–200 см.) сгруппированы на этих участках.

2.1. Участок №1. Рядом с водой. Грунт в основном песчаный, из растений преобладает – тамариск, плотность растительности можно оценить как обильно. Высота растений – 150–170 см.

2.2. Участок №2. В 10 м от воды. Уровень земли на данном участке ниже предыдущего участка №1 на 20–25 см, наблюдается иссушение прибрежной зоны, обильно заросшего тростником обыкновенным (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud). Небольшая высота поросли – 5–10 см свидетельствует о начальном и быстром зарастании освободившейся от воды территории.

2.3. Участок №3. В 50 м от воды. Уровень данной площадки значительно выше предыдущих на 3–4 метра, также наблюдается подъем под углом 45° по отношению к берегу озера. Почва в основном песчаная. В растительности преобладает песчаная акация (*Ammodendron Fisch. ex DC.*), селитрянки Шобера (*Nitraria schoberi* L.), верблюжья колючка (*Alhagi Gagnebin*). Все достаточно обильны.

**3.** Южный берег озера Картма – дно протоки Моторузек, в настоящий момент сток в озеро Куйылыс отсутствует. До 70–х годов XX века озеро Картма являлось заливом Аральского моря, и соединялось с большим морем через эту протоку. Берег здесь песчаный и ровный. В участках №1 и №2 отсутствует растительность, начиная с участка №3 появляются обильные кусты верблюжьей колючки и селитрянки. Характер растительного покрова и почвенно–грунтовые условия свидетельствуют о том, что разница водной границы западного берега в период весеннего подтопления и летней межени о. Картма равна 50–100 м.

3.1. Участок №1. Рядом с водой. Почва – песчаная. Растительность отсутствует, так как участок сильно заболочен.

3.2. Участок №2. В 10 м от воды. Почва – песчаная. Растительность отсутствует, по причине интенсивного выпаса и заболачивания.

3.3. Участок №3. В 50 м от воды. Почва – песчаная. Растительный покров данной площадки представлен единичными экземплярами верблюжьей колючки и селитрянки Шобера высотой 80–100 см.

**4.** Восточный берег озера Картма. В северо–восточной части озера находится сбросканал из озера Картма в озеро Куйылыс. Почва в основном сероземы. Необходимо отметить, что основу растительности восточных участков представляют – рогоз широколистный и тамариск.

4.1. Участок №1. Рядом с водой. На площадке встречаются рогоз и тамариск. Высота тамарисков не выше 15–20 см.

4.2. Участок №2. В 10 м от воды. Растительность представлена рогозом и тамариском.

4.3. Участок №3. В 50 м от воды. Заросший преимущественно рогозом и тамарисками (см. таб. 3).

Таблица 2.

Количество птиц отмеченных на озере Картма.

№	Виды растений	Север			Запад			Юг			Восток		
		Берег	10 м.	50 м.	Берег	10 м.	50 м.	Берег	10 м.	50 м.	Берег	10 м.	50 м.
		пл. 1	пл. 2	пл. 3	пл. 4	пл. 5	пл. 6	пл. 7	пл. 8	пл. 9	пл. 10	пл. 11	пл. 12
1.	Рогоз широколистный	cop 2	cop 3								sp	sp	sp
2.	Гребенщик ветвистый		cop 1		cop 3						sol	sp	sp
3.	Солерос		cop 1										
4.	Солерос европейский		cop 3	sp									
5.	Тростник обыкновенный	sp			cop 2	sp							
6.	Песчаная акация						cop 1						
7.	Верблюжья колючка						cop 1			sol			
8.	Селитрянка Шобера									sp			
9.	Соляноколосник												sol
10.	Всего (виды)	2	4	1	2	1	2	0	0	2	2	2	3

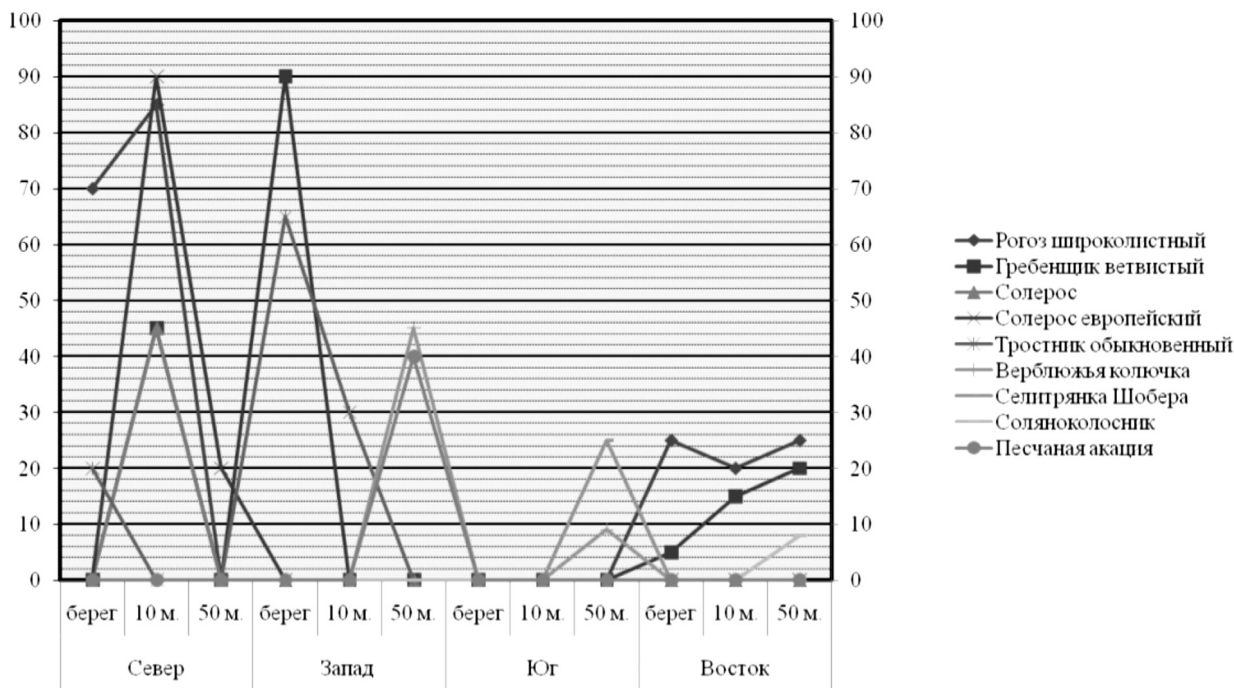


Рис. 1. Процентное соотношение видов растений по участкам (о. Картма, 2014 г.).

Таким образом, анализ видового состава, обилия растительности на пробных площадках свидетельствуют о том, что растительный покров северной и западной части озера Картма является наиболее развитым и обильным покрытием. Видовой состав и распределение растительности южного берега водоема можно охарактеризовать как развитый недостаточно, малочисленный с точки зрения обилия и плотности заселения.

Средний показатель обилия и слабое заселение береговой зоны растительностью характерно для западной части озера (рисунки 1).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты полученные в ходе экспедиции 2014 года

являются важными научными данными, позволяющими оценить скорость происходящих изменений в ходе восстановительной сукцессии на озере Картма. Процессы наблюдаемые на исследованных площадках характеризуют положительную динамику восстановления естественных сообществ вокруг озера. Озера были осушены на протяжении пятнадцати лет, по причине обмеления реки Сырдария 14. Аклакский гидроузел на реке Сырдария способствовал обводнению большинства приморских водоемов, в том числе озера Картма 15. Данные меры впоследствии привели к освоению растениями прибрежной зоны, что способствовало постепенному восстановлению наземной фауны. Орнитоцен прибрежных биотопов характеризуется устойчивой тенденцией постепенного освоения территории и формированием характерных комплексов околородных птиц оз. Картма.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аскарлов А.Г. Отчет о гидрологическом состоянии реки Сырдарья, дельтовых озерных систем и Аральского моря с мая по июнь 2014 г. // Институт географии РК, ПЭЦ. Кент Айтеке би, 2014. 24 с.
2. Берг Л.С. Аральское море. Опыт физико-географической монографии. СПб., 1908. С. 99–105.
3. А. Нургизаринов Экологическое дыхание острова. –Алматы: Наука, 2006. 206 с.
4. Березовиков Н.Н. Материалы к орнитофауне авандельты Сырдарьи и Малого Аральского моря // Русский орнитологический журнал. 2012. Т. 21, Экспресс-выпуск 775. С. 1619–1653.
5. Березовиков Н.Н. Материалы к орнитофауне Малого Аральского моря, авандельты Сырдарьи, Камыстыбасской и Акчатауской озерных систем // Русский орнитологический журнал. 2014. Т. 23, Экспресс-выпуск 986. С. 1065–1087.
6. Хроков В.В., Скляренко С.Л. Краткий справочник по птицам Казахстана. Алматы: Ассоциация сохранения биоразнообразия Казахстана, 2009, 156 с.
7. Рябицев В.К., Ковшарь А.Ф., Ковшарь В.А., Березовиков Н.Н. Полевой определитель птиц Казахстана. Алматы, 2014. 512 с.
8. Долгушин И.А. Птицы Казахстана. Т. 1. Алма-Ата, 1960. 469 с.
9. Тапалов У.С. Определитель позвоночных животных в регионе Аральского моря. –Казахстан: Тумар, 2007, 155 с.
10. Полевая геоботаника. Под ред. Лавренко Е.М., Корчагина А.А. М.–Л.: "Наука", 1964. 287 с.
11. Ярошенко П.Д. Геоботаника. М.–Л.: Изд. АН СССР, 1961. С. 365–426.
12. Ярошенко П.Д. Геоботаника. М.: "Просвещение", 1969. 201 с.
13. Воронов А.Г. Геоботаника. М.: "Высшая школа", 1973. С. 71–103.
14. Саданов А.К., Нургизаринов А.Н. Научные основы устойчивого развития приаралья. –Астана: Акарман, 2008. 170 с.
15. Шынбергенов Е.А., Ешмурат К., Абжалелов Б.Б., Кужамбердиева С.Ж., Влияние вод сухих озер у побережья формирует биологический вид Аральского моря // Коргыт-ата QMW75 год. Аральская зона промышленно-инновационных приоритетов в области развития. Международная Конференция. Мат. Кызыл-Орда, 2012. с.172–177.

© Н.С. Сиханова, И.И. Рахимов, ( muhtasar\_08@mail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



"Ни о чем не думает лишь тот,  
кто ничего не читает."  
Д.Дидро



# РАССЕЯНИЕ СВЕТА ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ ПИРАМИДОЙ И ИГЛОПОДОБНЫМ СТОЛБИКОМ В ПРИБЛИЖЕНИИ РЭЛЕЯ-ГАНСА-ДЕБАЯ

## LIGHT SCATTERING BY $\square$ HEXAGONAL PYRAMID AND NEEDLE-SHAPED COLUMN IN THE RAYLEIGH-GANS-DEBYE APPROXIMATION

*K. Shapovalov*

### Annotation

The formulas for light scattering amplitude of hexagonal pyramid and hexagonal needle-shaped column (columns with two pyramidal tops) in the Rayleigh-Gans-Debye approximation are obtained. The numerical results for light scattering phase functions of hexagonal pyramid and hexagonal needle-shaped column in the Rayleigh-Gans-Debye approximation and in the method of Purcell-Pennypacker (or discrete dipole method, or coupled dipole method) are compared. The good agreement for particles with small phase shifts are obtained.

**Keywords:** optically "soft" particles, hexagonal pyramid, light scattering phase function.

**Шаповалов Константин Алексеевич**  
К.ф.-м.н., доцент, ГБОУ ВПО "Красноярский  
государственный медицинский университет  
им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого"  
Министерства здравоохранения  
Российской Федерации

### Аннотация

Получены формулы для амплитуды светорассеяния гексагональной пирамиды и иглоподобного гексагонального столбика в приближении Рэля-Ганса-Дебая. Проведено численное сравнение индикатрис светорассеяния гексагональной пирамиды и иглоподобного гексагонального столбика в приближении Рэля-Ганса-Дебая с результатами расчета методом Парселла-Пеннипакера или Дискретных диполей. Получено хорошее согласие для частиц с малым фазовым сдвигом.

### Ключевые слова:

Оптически "мягкие" частицы, гексагональная пирамида, индикатриса светорассеяния.

## ВВЕДЕНИЕ

Методы светорассеяния широко и успешно применяются для таких приложений, как оптика атмосферы и океана, физическая химия растворов и коллоидов, материаловедение, биофизика и лазерная биомедицина [1–5]. При решении задачи рассеяния света аэрозольные частицы атмосферы и др. моделируются частицами различной формы. Так, для сферических частиц известно полученное методом разделения переменных аналитическое решение или теория Ми [1,2]. Однако, ледяные кристаллы перистых облаков имеют часто несферическую форму и моделируются гексагональными призмами, пластинками и иглоподобными частицами. В белковых коллоидных и кристаллических системах, также часто встречаются разнообразные иглоподобные частицы [4, 6].

Если частицы дисперсной среды оптически "мягкие" ( $m-1 \ll 1$ , где  $m$  – относительный показатель преломления светорассеивающей частицы), то можно использовать приближенные методы Рэля-Ганса-Дебая (РГД) и Аномальной Дифракции (АД) [1,2]. Формулы для характеристик светорассеяния призм произвольного многоугольного сечения в приближении АД [7,8] и пирамид в при-

ближении геометрической оптики [9] получены ранее. Подобные выражения в приближении РГД получены ранее только для пирамиды с прямоугольным основанием [10, 11].

Целью настоящей работы явилось получение аналитических выражений в приближении РГД для амплитуды и индикатрисы светорассеяния пирамиды, имеющей гексагональное основание, а также частиц иглоподобной формы, составленных из гексагональной призмы и двух торцевых пирамид.

### Амплитуда светорассеяния

Используем интегральное представление амплитуды для однородной частицы в скалярном виде в приближении РГД [11,12]:

$$f(\theta, \beta) = \frac{k^2}{4\pi} \int_V (m^2 - 1) \exp(i \mathbf{k}_s \cdot \mathbf{r}) dV, \quad (1)$$

где

$\mathbf{i}, \mathbf{s}$  – единичные векторы вдоль направлений падаю-

щего и рассеянного света соответственно,  $\mathbf{r}$  радиус-вектор точки внутри частицы,  $\mathbf{k}_s = k(\mathbf{i}-\mathbf{s})$ ,  $k = 2\pi/\lambda$  - волновое число и  $\lambda$  - длина волны света,

$$|\mathbf{k}_s| = 2k \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$\theta$  - угол между векторами  $\mathbf{i}$  и  $\mathbf{s}$ ,  $\beta$  угол между осью  $z$  и вектором  $\mathbf{k}_s$ .

Заметим, что амплитуда может быть выражена и по-другому через углы в сферических координатах, указывающих направление падающего  $\theta_i, \phi_i$  и рассеянного света  $\theta_s, \phi_s$  соответственно:

$$k_1 = k(\sin\theta_i \cos\phi_i - \sin\theta_s \cos\phi_s),$$

$$k_2 = k(\sin\theta_i \sin\phi_i - \sin\theta_s \sin\phi_s),$$

$$k_3 = k(\cos\theta_i - \cos\theta_s),$$

$$k_4 = \sqrt{k_1^2 + k_2^2}, \quad k_5 = \sqrt{k_1^2 + k_2^2 + k_3^2},$$

причем

$$k_3(\theta, \beta) = k_5 \cos\beta, \quad k_4(\theta, \beta) = k_5 \sin\beta.$$

Форм-фактор в приближении РГД [1,2,4] для одно-родной частицы с объемом  $V$  может быть записан как

$$\Phi(\theta, \beta) = \frac{4\pi f(\theta, \beta)}{k^2(m^2 - 1)V} = \frac{1}{V} \int_V \exp(i\mathbf{k}_s \cdot \mathbf{r}) dV. \quad (2)$$

#### Гексагональная пирамида

Амплитуда светорассеяния для клина в пирамиде с  $n$ -угольным основанием (см. рис. 1 а) [11]:

$$f_w = \frac{k^2(m^2 - 1)3V_w}{4\pi k_1 k_3 R H \sin(\gamma')} \left[ U(k_6 R, 0) - U(k_5 R, 0) + U(k_5 R, k_3 H) - U(k_6 R, k_3 H) \right], \quad (3)$$

где

$$V_w = \frac{1}{6} H R^2 \sin\gamma \quad - \text{объем клина,}$$

$$\gamma = \frac{2\pi}{n}, \quad \gamma' = \frac{\gamma}{2},$$

$$k_5 = k_2 \cos\gamma' + k_1 \sin\gamma', \quad k_6 = k_2 \cos\gamma' - k_1 \sin\gamma',$$

$$U(x, y) = \frac{\exp(ix) - \exp(iy)}{x - y}.$$

Вращая вокруг оси  $OZ$   $n-1$  раз амплитуду светорассеяния клином пирамиды (3) на угол  $\gamma$  и суммируя все слагаемые с учетом изменения  $k_1, k_2, k_5, k_6$  [11], получим амплитуду целой пирамиды:

$$f_{PN} = \sum_{s=0}^{n-1} f_w(s\gamma) \quad (4)$$

Таким образом, амплитуда светорассеяния пирамидой с гексагональным основанием ( $n=6, \gamma = \pi/3$ , рис. 1 б) из (4) получится вида

$$f_{PD} = \frac{k^2(m^2 - 1)V_{PD}}{2\pi k_3 R H} \left[ \frac{k_5}{k_6 k_1} p(k_5 R, k_3 H) - \frac{k_6}{k_5 k_1} p(k_6 R, k_3 H) - \frac{k_1}{k_5 k_6} p(k_1 R, k_3 H) \right], \quad (5)$$

где

$$p(x, y) = h_0(x) - \frac{x}{2} j_0\left(\frac{x+y}{2}\right) j_0\left(\frac{x-y}{2}\right) +$$

$$+ i \frac{xy}{x^2 - y^2} \{j_0(x) - j_0(y)\},$$

$$k_5 = \frac{k_1 + \sqrt{3}k_2}{2}, \quad k_6 = \frac{-k_1 + \sqrt{3}k_2}{2},$$

$$V_{PD} = \frac{\sqrt{3}HR^2}{2}, \quad j_0(x) = \frac{\sin(x)}{x},$$

$$h_0(x) = \frac{1 - \cos(x)}{x} \quad - \text{сферические функции Бесселя и Ханкеля нулевого порядка.}$$

#### Иглоподобный гексагональный столбик

Амплитуду светорассеяния для иглоподобного столбика, составленного из гексагональной призмы и двух торцевых гексагональных пирамид (см. рис. 1 в), используя отмеченные ранее свойства сложения, перемещения и вращения форм-факторов в приближении РГД [11,13-18], получим в скалярном виде:

$$f = \frac{k^2(m^2 - 1)}{4\pi} \left[ \Phi_{HEX} V_{HEX} + 2V_{PD} \left( \Phi_{PD}^{\text{Re}} \cos\left(\frac{k_3 H}{2}\right) - \Phi_{PD}^{\text{Im}} \sin\left(\frac{k_3 H}{2}\right) \right) \right], \quad (6)$$

$$\text{где } \Phi_{HEX} = \frac{2}{3} j_0\left(\frac{k_3 H}{2}\right) [F_1 + F_2 + F_3]$$

- форм-фактор для гексагональной призмы [11,13],

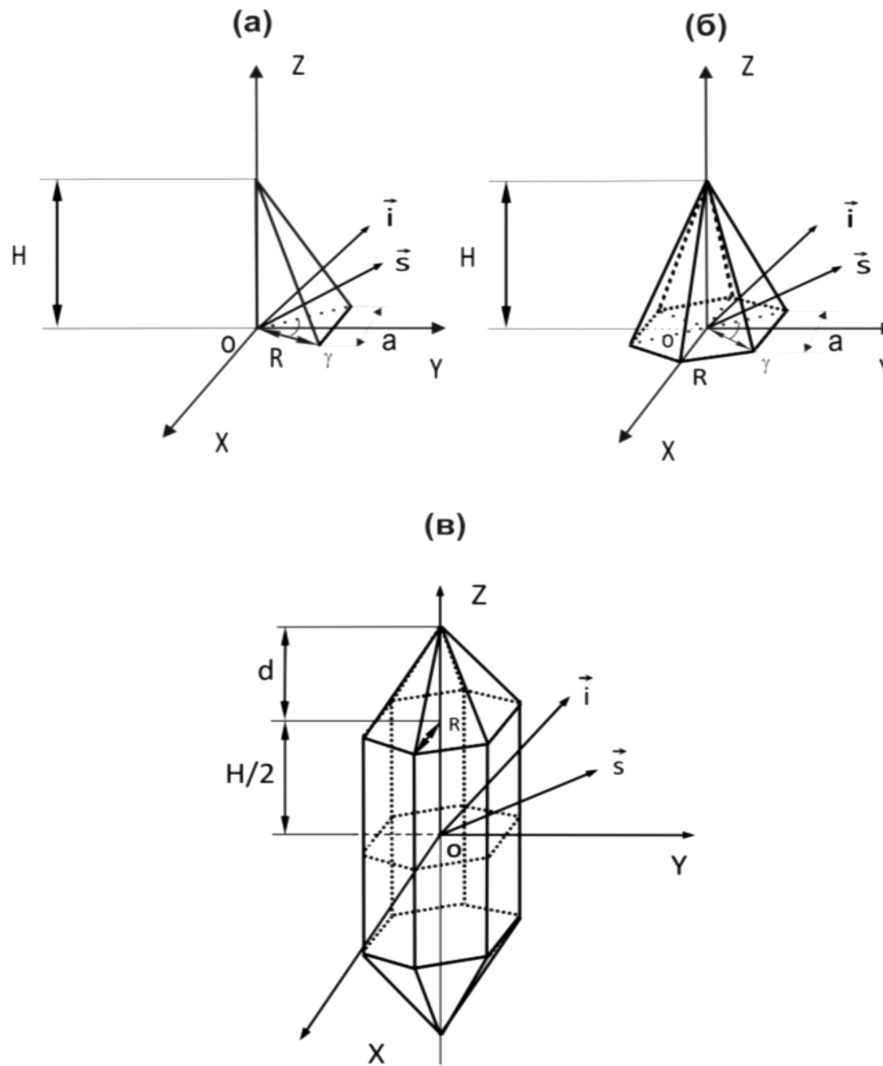


Рис. 1. Геометрия светорассеяния клином многоугольной пирамиды (а), целой гексагональной пирамиды (б) и гексагональным иглоподобным столбиком (в).

$$F_1 = j_0 \left( \frac{k_1 R}{2} \right) j_0 \left( \frac{k_2 \sqrt{3} R}{2} \right),$$

$$F_2 = \frac{1}{4} \left( 1 - \sqrt{3} \frac{k_1}{k_2} \right) j_0 \left( \frac{\sqrt{3} R (k_2 - \sqrt{3} k_1)}{4} \right) j_0 \left( \frac{R (k_1 + \sqrt{3} k_2)}{4} \right),$$

$$F_3 = \frac{1}{4} \left( 1 + \sqrt{3} \frac{k_1}{k_2} \right) j_0 \left( \frac{\sqrt{3} R (k_2 + \sqrt{3} k_1)}{4} \right) j_0 \left( \frac{R (k_1 - \sqrt{3} k_2)}{4} \right),$$

$$V_{HEX} = \frac{3\sqrt{3} H R^2}{2},$$

$\Phi_{PD}^{Re}, \Phi_{PD}^{Im}, V_{PD}$  – форм-фактор (реальная и мнимая составляющие) и объем пирамидальной торцевой части соответственно.

#### Индикатриса светорассеяния

Индикатриса светорассеяния [или элемент матрицы рассеяния  $f_{11}$ ] для естественного света (неполяризованного или произвольно поляризованного света) при  $\beta = 0$  рассчитывается по формуле [1, 5, 12]

$$f_{11}(\theta, \beta) = \left( \frac{1 + \cos^2 \theta}{2} \right) k^2 |f(\theta, \beta)|^2, \quad (7)$$

где  $|f(\theta, \beta)|^2$  квадрат модуля амплитуды светорассеяния.

Причем, везде далее индикатриса светорассеяния (7) нормализована на направление вперед.

Индикатриса светорассеяния гексагональной пирамиды, рассчитанная по амплитуде РГД (5), для частицы с относительным показателем преломления  $m = 1.1 + i 0.01$  и  $kR=3$ ,  $kH=3$  в сравнении с расчетами методом дискретных диполей (АДДА) [19] при 42791 диполях показана на рис. 2.

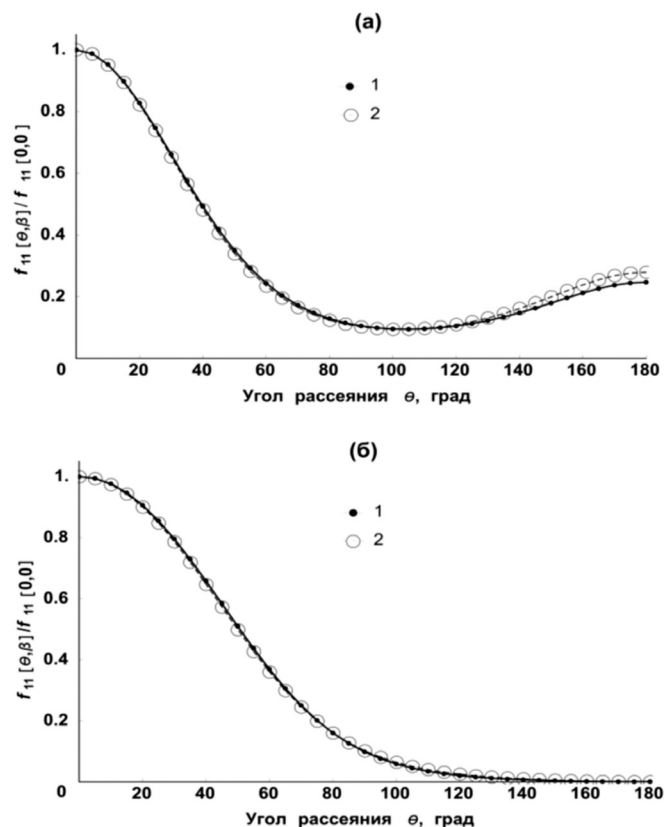


Рисунок 2. Зависимость индикатрисы светорассеяния  $f_{11}(\theta, \beta)/f_{11}(0, 0)$  от угла рассеяния  $\theta$  для гексагональной пирамиды в приближении РГД (2) и по методу АДДА (1) при  $kR=3$ ,  $kH=3$  для падающего света вдоль оси симметрии (а) и перпендикулярно (б).

Далее на рис. 3 представлена индикатриса светорассеяния гексагонального столбика, рассчитанная по амплитуде РГД (6), для частицы с относительным показателем преломления  $m = 1.1 + i 0.01$  и  $kR=1$ ,  $kH=2$ ,  $kd=1$  в сравнении с расчетами методом АДДА при 44857 диполях.

Очевидно, что индикатриса светорассеяния гексагонального столбика РГД отличается от метода АДДА только в области больших углов светорассеяния (см. рис. 3).

Затем нами проведено детальное численное сравнение индикатрис светорассеяния в приближении РГД и более точном методе АДДА при в области малых фазовых сдвигов луча

$$\Delta = kL |m^2 - 1| \ll 1$$

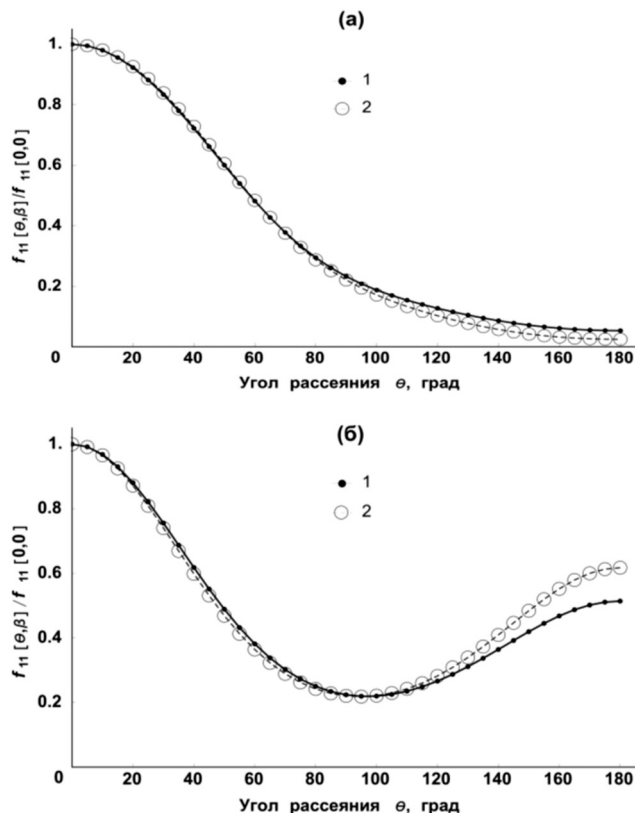


Рисунок 3. Зависимость индикатрисы светорассеяния  $f_{11}(\theta, \beta)/f_{11}(0, 0)$  от угла рассеяния  $\theta$  для гексагонального столбика в приближении РГД (2) и по методу АДДА (1) при  $kR=1$ ,  $kH=2$ ,  $kd=1$  для падающего света вдоль оси симметрии (а) и перпендикулярно (б).

(где  $L$  – наибольшее расстояние в частице вдоль направления распространения света), т.е. в области применения приближения РГД (см. табл. 1 и 2).

Относительная погрешность вычислялась как:

$$\left( \frac{f_{\text{прибл.}}}{f_{\text{точн.}}} - 1 \right) \cdot 100\%$$

Индикатрисы светорассеяния в приближении РГД для гексагональной пирамиды при соотношении  $H/R=1$  достаточно хорошо согласуются с индикатрисами в методе АДДА при малых фазовых сдвигах  $\Delta$ : менее 6% и менее 2% по модулю для углов падения 90 и 0 градусов соответственно (см. табл. 1). Индикатрисы светорассеяния в приближении РГД для гексагонального столбика при соотношениях  $H/R=2$  и  $H/d=2$  также согласуются с индикатрисами в методе АДДА при малых фазовых сдвигах  $\Delta$  и не больших углах рассеяния ( $\theta < 90$ ): менее 4% и менее 6% по модулю для углов падения 90 и 0 градусов соответственно (см. табл. 2).

Таблица 1.

Относительная погрешность индикатрисы светорассеяния гексагональной пирамиды в приближении РГД, рассчитанной в сравнении с методом АДДА, при различных фазовых сдвигах  $\Delta$ , углах падения  $\theta_i$  и рассеяния  $\theta$ .

Угол падения $\theta_i$ , град	Фазовый сдвиг $\Delta$	Угол рассеяния $\theta$ , град			
		45	90	135	180
0	0.05	-0.12	0.04	0.12	-0.03
0	0.10	-0.15	0.01	0.09	-0.08
0	0.20	-0.31	-0.18	-0.06	-0.31
0	0.40	-1.24	-1.50	-0.25	-0.07
90	0.05	-2.10	-5.71	-1.87	0.01
90	0.10	-2.10	-5.71	-1.88	-0.01
90	0.20	2.11	-5.72	-1.91	-0.02
90	0.40	-2.20	-5.87	-2.16	-0.37

Таблица 2.

Относительная погрешность индикатрисы светорассеяния гексагонального столбика в приближении РГД, рассчитанной в сравнении с методом АДДА, при различных фазовых сдвигах  $\Delta$ , углах падения  $\theta_i$  и рассеяния  $\theta$ .

Угол падения $\theta_i$ , град	Фазовый сдвиг $\Delta$	Угол рассеяния $\theta$ , град			
		45	90	135	180
0	0.05	-0.01	-0.05	-0.10	-0.13
0	0.10	0.01	-0.10	-0.36	-0.53
0	0.20	0.05	-0.30	-1.42	-2.15
0	0.40	0.70	6.04	17.25	24.04
90	0.05	1.12	3.61	1.33	0.26
90	0.10	0.91	3.42	1.72	1.05
90	0.20	0.05	2.59	3.29	4.29
90	0.40	-3.68	-1.49	10.74	20.11

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, получены формулы для амплитуды светорассеяния пирамидой, имеющее гексагональное основание, в приближении РГД с помощью полученных ранее общих свойств сложения, перемещения и вращения форм-факторов в приближении РГД. Также получены аналитические формулы для амплитуды светорассеяния

иглоподобным гексагональным столбиком в приближении РГД.

Проведено численное сравнение индикатрис светорассеяния гексагональной пирамиды и иглоподобного гексагонального столбика в приближении РГД с результатами расчета методом Парселла-Пеннипакера или Дискретных диполей. Получено хорошее согласие для малых фазовых сдвигов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Борен К., Хафмен Д. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 664с.
2. Ван де Хюлст Г. Рассеяние света малыми частицами. М.: ИЛ, 1961. 536с.
3. Light scattering by nonspherical particles: theory, measurements, and applications/ Ed. by Mishchenko M.I., Hovenier J.W., Travis L.D. San Diego: Academic Press, 2000. 690 p.
4. Kerker M. The scattering of light and other electromagnetic radiation. New York, London: Academic Press, 1969. 666 p.
5. Методы светорассеяния в анализе дисперсных биологических сред / В.Н. Лопатин, А.В. Приезжев, А.Д. Апонасенко и др. М.: Физматлит, 2004. 384с.
6. Velev O.D., Kaler E.W. and Lenhoff A.M. Protein Interactions in Solution Characterized by Light and Neutron Scattering: Comparison of Lysozyme and Chymotrypsinogen // Biophys. J. 1998. Vol. 75 P. 2682–2697.
7. Chylek P., Klett J.P. Extinction cross section of non-spherical particles in the anomalous diffraction approximation // J. Opt. Soc. Am. A. 1991. vol. 8. P. 274–281.
8. Chylek P., Klett J.P. Absorption and scattering of electromagnetic radiation by prismatic columns: Anomalous diffraction approximation // J. Opt. Soc. Am. A. 1991. Vol. 8. P. 1713–1720.
9. Liu C., Jonas P.R., Saunders C.P.R., Pyramidal ice crystal scattering phase functions and concentric halos // Ann. Geophysicae. 1996. vol. 14, P. 1192–1197.
10. Napper D.H. Light Scattering by Polyhedral Particles in the Rayleigh-Gans Domain // Kolloid-Z. und Z. Polymere. 1968. vol. 223, No 2. P. 141–145.
11. Shapovalov K.A. Light Scattering by a Prism and Pyramid in the Rayleigh-Gans-Debye Approximation // Optics. 2013. Vol. 2. No. 2. P.32–37. – doi:10.11648/j.optics.20130202.11
12. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Пер. с англ. М.: Мир, 1981. т.1. 280с.
13. Шаповалов К.А. Рассеяние света частицами цилиндрической формы в приближении Рэлея-Ганса-Дебая. 1. Строго ориентированные частицы // Оптика атмосферы и океана. 2004. т.17, № 4. С.350–353.
14. Шаповалов К.А. Рассеяние света частицами цилиндрической формы в приближении Рэлея-Ганса-Дебая. 2. Хаотично ориентированные частицы // Оптика атмосферы и океана. 2004. т.17, № 8. С.627–629.
15. Шаповалов К.А. Рассеяние света осесимметричными частицами в приближении Рэлея-Ганса-Дебая // Журнал Сибирского Федерального Университета. Серия "Математика и Физика". 2012. т. 5, № 4. С.586–592. [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/2311/3112/1/shapevalev.pdf>
16. Шаповалов К.А. Рассеяние света цилиндрической капсулой со сферoidalными торцами в приближении Рэлея-Ганса-Дебая // XIV международная научно-практическая конференция: "Научное обозрение физико-математических и технических наук в XXI веке" (г. Москва, 27–28 фев. 2015г.): труды. М.: МНО "Prospero", 2015. С. 102–105.
17. Шаповалов К.А. Амплитуда светорассеяния усеченной пирамиды и конуса в приближении Рэлея-Ганса-Дебая // Европейский исследователь. 2013. т.49. №5–2. С.1291–1297.
18. Шаповалов К.А. Рассеяние света цилиндрической капсулой с произвольными торцами в приближении Рэлея-Ганса-Дебая // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. №5. С.309–318.–doi: 10.7463/0515.0768602
19. Yurkin M.A. and Hoekstra A.G. The discrete-dipole-approximation code ADDA: Capabilities and known limitations // J. Quant. Spectrosc. Rad. Transf. 2011. v.112. P. 2234–2247.

© К.А. Шаповалов, ( [sh\\_const@mail.ru](mailto:sh_const@mail.ru) ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



## ПРОБЛЕМЫ СИНТЕЗА СОГЛАСОВАННОГО АНАЛОГОВОГО ВЕЙВЛЕТ ФИЛЬТРА

### SYNTHESIS PROBLEM CONSISTENT WAV ELET ANALOG FILTER

*O. Germanovich  
I. Katsan*

#### Annotation

Widely used systems based on wavelet signals. To filter these signals using digital filters. However, when processing signals with duration of 1 ns digital processing of these signals can not be effected. For optimum processing of the primary signal in such a case it is proposed to use a selective parametric filters. The paper discusses the issues of practical implementation of such filters.

**Keywords:** GPR, optimal filtering, the wavelet, reflected signal, near zone, a parametric filter.

*Германович Олег Пантелеймонович*

*Д.т.н., профессор, Национальный  
минерально-сырьевой университет "Горный"*

*Кацан Игорь Фёдорович*

*К.т.н., доцент, Национальный  
минерально-сырьевой университет "Горный"*

#### Аннотация

Широкое применение получили системы, основанные на использовании вейвлет сигналов. Для фильтрации таких сигналов используются цифровые фильтры. Однако при обработке сигналов длительностью порядка 1 нс цифровая обработка таких сигналов не может быть осуществлена. Для первичной оптимальной обработки сигнала в таком случае предлагается использовать параметрические избирательные фильтры. В работе рассмотрены вопросы практической реализации таких фильтров.

#### Ключевые слова:

Георадар, оптимальная фильтрация, вейвлет, отраженный сигнал, ближняя зона, параметрический фильтр.

Непрерывный рост требований к радиотехническим системам передачи и обработки информации, расширение области их применения неизбежно приводит к необходимости использования сложных сигналов, отличных от традиционных гармонических или импульсных колебаний. При этом естественно возникает задача создания избирательных фильтров, обеспечивающих эффективное разделение таких сигналов.

Широкое применение получили системы, основанные на использовании вейвлет сигналов. Для фильтрации таких сигналов используются цифровые фильтры. Однако при обработке сигналов длительностью порядка 1 нс прямая цифровая обработка таких сигналов не может быть осуществлена. Для решения задачи обработки таких сигналов применяется масштабно-временной (стробоскопический) преобразователь. При таком решении не возможна первичная оптимальная обработка принимаемого сигнала и, соответственно, становятся не достижимыми потенциально возможные технические характеристики устройства.

В обычных (узкополосных) системах, использующих сигналы с базой  $B$  ( $B$  – произведение ширины полосы частот на длительность сигнала), близкой к единице или, во всяком случае, мало отличающейся от базы сообщения, то есть

$$B = F \cdot T \approx F_c \cdot T_c \approx 1,$$

где

$F$  и  $T$  – соответственно ширина спектра и длительность сигнала;

$F_c$  и  $T_c$  – ширина спектра и длительность сообщения.

В широкополосных системах используются сигналы, для которых  $B \gg 1$  эффективная селекция сигналов с большой базой  $B$ , то есть сигналов, имеющих и относительно широкую полосу и большую скорость передачи информации, может быть успешно осуществлена только на основе такого современного метода фильтрации – каким является разделение по форме или иначе – ортогональное разделение сигналов [1, 2].

Селекция сигналов по форме может быть реализована на основе использования цифровых фильтров или параметрических аналоговых избирательных фильтров (ПАИФ), а в СВЧ диапазоне частот, – как правило, – на основе ПАИФ, которые реализуются, к примеру, с помощью линейных параметрических колебательных систем с распределенными параметрами (ЛПКС с РП) [1].

Быстроразвивающейся и перспективной областью современной радиотехники, в которой несомненно должны найти свое применение ЛПКС с РП, является радио-

видение и интроскопия (радиолокационное поверхностное зондирование). В настоящее время ряд зарубежных фирм уже серийно выпускают РЛС для поверхностного зондирования (георадары). Хотя современные георадары обладают сравнительно небольшой глубиной зондирования (до 10 – 15 метров), интерес к ним велик и объясняется обширным и важным кругом задач, которые могут быть разрешены с их помощью.

*Достаточно указать такие, решаемые с помощью георадаров задачи, как*

- ◆ поиск песчано-гравийных отложений и определение положения в них уровня грунтовых вод;
- ◆ определение мощности сезонного промерзания и оттаивания рыхлых отложений, оконтуривание участков многолетнемерзлых и растепленных пород;
- ◆ разведка и определение запасов торфяных и сапропелевых отложений;
- ◆ определение местоположения и состояния подземных коммуникаций;
- ◆ контроль влажности материалов грунтов в естественном состоянии;
- ◆ определение, обнаружение степени загрязнения и границ распространения засоления грунтов и нефтепродуктов в грунтах различного типа;
- ◆ обследование состояния мелиоративных, дренажных и других систем, находящихся под землей;
- ◆ экспресс анализ структуры и состояния почв на большой территории без взятия проб и их лабораторного анализа.

Помимо применения РЛС для целей поверхностного зондирования интенсивное развитие и совершенствование современных РЛС связано также с общей тенденцией повышения точности и разрешающей способности в интересах получения некоординатной информации, а именно: габаритных размеров, ориентации и состояния объектов вплоть до построения трехмерных изображений их (радиовидение). РЛС предназначенные для решения указанных задач используют сверхширокополосные сигналы (СШП).

Независимо от конкретного применения перед упомянутыми РЛС ставится задача определения радиолокационных характеристик (РЛХ) объекта как оператора рассеяния, отражающих связь параметров падающей на объект и отраженной волн. РЛХ объекта – это совокупность всех характеристик и параметров, описывающих связь между облучающей и отраженной волнами. Обычно сверхширокополосные РЛ характеристики представляют собой отклики объекта на типовые, тестовые воздействия – зондирующие поля. Наиболее распространены тестовые (зондирующие) поля с временной структурой, такие как НААР-вейвлет, FHAT-вейвлет, Wave вейвлет,

MHAT-вейвлет, вейвлет Морле. Семейство откликов, получаемое при использовании таких воздействий, называют семейством импульсных характеристик. Импульсную характеристику можно использовать для определения формы объекта, в интересах его распознавания или построения его радиоизображения.

Оставляя в стороне многочисленные проблемы практической реализации РЛС с СШП сигналами, остановимся на одной из них, связанной с использованием ЛПКС с РП СВЧ диапазона, а именно: проблеме построения селективных усилителей приемного устройства СШП РЛС с учетом работы таких устройств в ближней зоне.

Назначение приемного устройства РЛС с СШП сигналами состоит в приеме, усилении и регистрации изменения во времени сигнала рассеянного объектом. Поскольку сигнал-отклик на зондирующий импульс даже от простейших, эталонных объектов является достаточно сложным по форме, постольку приемное устройство помимо линейного широкополосного усилителя СВЧ диапазона должно иметь в своем составе, по меньшей мере, соответствующий квазиоптимальный согласованный фильтр СВЧ диапазона. Такой фильтр может быть организован на базе ЛПКС с РП, что является наилучшей аппаратурной реализацией управляемого квазиоптимального согласованного фильтра СВЧ диапазона. Однако в настоящее время преобладает тенденция осуществлять обработку радиосигналов только средствами вычислительной техники, что может быть реализовано лишь в мегагерцовом диапазоне частот. Поскольку СШП сигнал-отклик на зондирующий импульс расположен в диапазоне частот, достигающем нескольких гигагерц, то для обработки сигнала средствами вычислительной техники приходится при приеме СШП сигналов применять устройства масштабно-временного преобразования сигналов с коэффициентом преобразования  $q = 10^2 \div 10^3$ , что неминуемо приводит, по меньшей мере, к существенному увеличению времени анализа РЛХ.

Итак, еще раз подчеркнем, что существующая, традиционная структурная реализация георадаров предусматривает только вторичную оптимальную обработку сигнала, что достижимо только на мегагерцовом уровне. Вместе с тем, несомненное улучшение характеристик георадаров может быть достигнуто в том случае, если осуществить первичную квазиоптимальную согласованную селекцию сигнала на СВЧ уровне, то есть в гигагерцовом диапазоне частот. Поскольку в этом диапазоне частот квазиоптимальную фильтрацию алгоритмическими, цифровыми методами осуществить не удастся, то единственным способом здесь является аппаратная реализация квазиоптимальной фильтрации сигнала. Решение этой задачи существенно усложняется тем, что сигнал является сверхширокополосным. В настоящее время, на



наш взгляд, путь решения этой задачи существует и состоит в применении параметрических избирательных фильтров СВЧ диапазона. Такие устройства позволяют не только осуществлять фильтрацию заданного сложного по форме сигнала, но также позволяют легко и просто перестраивать устройство, адаптируя его под тот или иной сверхширокополосный сигнал, позволяют реализовать различные квазиоптимальные процедуры обработки сложного сигнала.

*Итак, подведем итог.*

Линейные параметрические колебательные системы с распределенными параметрами по сравнению с другими аппаратными методами и средствами наилучшим образом приспособлены для решения задач селекции сигналов сложной формы в СВЧ диапазоне, поскольку они:

- ◆ позволяют осуществлять оптимальную согласованную селекцию сигналов сложной формы на частотах порядка единиц гигагерц и более, то есть на входе приемных устройств;

- ◆ допускают быстрое синтезирование их для достижения эффективной селекции конкретных сигналов-откликов на зондирующий импульс от эталонных объектов;

- ◆ допускают простое и эффективное управление параметрами с целью их перестройки и адаптации под заданный селектируемый сигнал.

По совокупности возможностей ЛПКС с РП СВЧ диапазона составляют, на наш взгляд, серьезную конкуренцию в СВЧ диапазоне методам, использующим цифровые фильтры в устройствах селекции сложных по форме сигналов, представляют оптимальное решение задач селекции сигналов сложной формы в приемных устройствах СШП РЛС радиовидения и интроскопии. Однако до настоящего времени, несмотря на, казалось бы, многочисленные достоинства, ЛПКС с РП не нашли еще широкого применения на практике. Причиной тому, на наш взгляд, являются, с одной стороны, определенные трудности практической реализации ЛПКС с РП, и, с другой стороны, существенные пробелы в теории их, которые своим происхождением были обязаны отсутствию содержательной теории математических моделей таких устройств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Германович, О.П. Линейные периодические разностные и дифференциально-разностные уравнения нейтрального типа и их приложения /О.П. Германович, И.Ф. Кацан. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2007.– 269с.
2. Тихонов А.Н. Методы решения некорректных задач /А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин.– М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1979.– 285с.

© О.П. Германович, И.Ф. Кацан, ( ikatsan@hotmail.com ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



# ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОКОДИНАМИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

## THE PROBLEM OF MEASURING HIGHLY DYNAMIC PROCESSES IN ELECTROMECHANICAL SYSTEMS

S. Zhambalova  
V. Shpenst

### Annotation

This article is about problems of measurement and representation of highly dynamic processes in electromechanical systems. The definition of these processes is given. There are analyzed the general principles and approaches to the measurement of highly dynamic processes, as well as consider three basic levels of information use. The necessity of the use of numerical modeling is proved. On the basis of the study authors the necessity of developing a new method which will improve the accuracy of information-measuring systems for highly dynamic processes.

**Keywords:** highly dynamic processes in electromechanical systems, measurement of highly dynamic processes, mathematical model of highly dynamic processes.

**Жамбалова Сарюна Цыренжаповна**

Аспирант, Национальный  
минерально-сырьевой университет "Горный",  
Санкт-Петербург

**Шпенст Вадим Анатольевич**

Д.т.н., профессор, Национальный  
минерально-сырьевой университет "Горный",  
Санкт-Петербург

### Аннотация

В данной статье рассмотрены проблемы измерения и представления высокочастотных процессов в электромеханических системах. Дано определение данным процессам. Проанализированы общие принципы и подходы при измерении высокочастотных процессов, а так же рассмотрены три основных уровня их информационного использования. Обоснована необходимость использования численного моделирования. На основе проведенного исследования авторами обосновывается необходимость разработки нового метода, который позволит повысить точность информационно-измерительных систем для высокочастотных процессов.

### Ключевые слова:

Высокочастотные процессы в электромеханических системах, измерение высокочастотных процессов, математическая модель высокочастотных процессов.

Работа электромеханических систем сопровождается акустическими шумами, вибрациями, переменными давлениями, при этом параметры этих процессов существенно зависят от времени. Данные процессы широко используются в задачах идентификации, контроля и диагностики; несут богатую информацию о динамических свойствах самой машины, дефектах, возникающих при ее эксплуатации [1,2,4,5,7]. Понятие высокочастотных процессов используют для описания вибрации, пульсации давления газа и топлива, акустическое излучение машины, колебание деталей и узлов т.е. сигналов электромеханических систем. Данное понятие так же используется для описания сигналов и в других видах систем: технических, мониторинговых, биомедицинских, геофизических и т.д. [1,2,4,5].

Важной отличительной особенностью исследуемых процессов является то, что им присущ случайный характер распространения, они характеризуют динамические свойства системы, т.е. обладают чувствительностью к дефектам, возникающим при ее эксплуатации. Это опре-

деляет их использование для контроля и диагностики технического состояния машин. При измерении высокочастотных процессов в качестве чувствительных элементов информационно-измерительной системы используют различные по своей физической природе датчики.

Для описания различных высокочастотных процессов применяют математическое моделирование, его рассматривают как инструмент для изучения исследуемых процессов, которые сопровождают работу системы, путем их замены на процессы более удобные для исследования, заменяемые процессы сохраняют основные требуемые свойства оригинала в зависимости от поставленной задачи. Применение численного моделирования при исследовании высокочастотных процессов в электромеханических системах представляется эффективным, потому что параметры этих процессов имеют случайный характер; процессы в машинах зависят от многих внешних факторов; очень часто модель процесса приходится идентифицировать по экспериментальным данным

[4]. Из всех имеющихся характеристик лишь спектральная наиболее полно описывает исследуемый сигнал [6]. При анализе процессов используются такие спектральные и статистические характеристики как: корреляционная функция, гистограмма, математическое ожидание, дисперсия и т.д. При измерении, обработке и анализе высокочастотных процессов можно выделить три основных уровня их информационного использования [4,5].

*Задачей всех трех уровней является разработка математической модели, метода и средства для параметрического описания сигнала датчиков, но между уровнями есть существенные отличия.*

1. На первом уровне при разработке математической модели не учитывают физические особенности процесса, важно получение обобщенной формы измеряемого сигнала.

2. На втором уровне исследуют взаимосвязь между несколькими процессами, и на основе критериев взаимосвязи сигналов составляют математическую модель взаимодействия процессов.

3. Математические модели третьего уровня используют для имитационного моделирования сложных высокочастотных процессов. Математическое описание третьего уровня информационного использования основывается на применении интегральных и дифференциальных уравнений.

Особенности данных процессов вызывают трудности в реализации численных моделей, требуется большое количество экспериментальных данных для их обработки в реальном масштабе времени, это связано с тем, что параметры исследуемого процесса имеют случайный характер [6]. При регистрации процесса, средства измерения фиксируют измеряемую величину не непрерывно, а лишь через определенный интервал времени, что увеличивает погрешность измерительной системы.

Обычно модель строится следующим образом. На основе априорной информации об объекте устанавливается подходящий класс математических функций, параметры которых количественно уточняются по экспериментальным данным. Будучи математической абстракцией, модель является лишь приближением к реальному процессу. Точность приближения (адекватность модели) зависит от уровня априорных знаний, объема и достоверности информации, получаемой от эксперимента. Важным также является то, чтобы модель описывалась с помощью хорошо разработанного и достаточно простого для применения математического аппарата.

Высокочастотные процессы в электромеханических системах следует рассматривать как случайные процес-

сы и для их анализа использовать соответствующий математический аппарат. Однако от модели требуется, чтобы она отражала те свойства процессов, которые представляются наиболее важными при решении конкретной задачи. В общем случае – чем сложнее задача, тем сложнее модель.

Из анализа источников высокочастотных процессов в сложных механизмах может быть предложена следующая модель: процесс рассматривается как комбинация узкополосных составляющих с широкополосным шумом. Частотный диапазон сигналов от 1 до 20 кГц и выше. Свойства высокочастотных процессов такие как амплитуда и частота узкополосных составляющих претерпевают изменения с течением времени, однако, у бездефектных машин эти изменения протекают небыстро и в основном зависят от технического состояния и режима работы электромеханической системы. При таких условиях задача выявления отклонений в функциональности сложных технических объектов может быть сведена к обнаружению моментов изменения свойств случайного процесса, имеющих вышеописанную структуру. Под изменением структуры сигнала применительно к высокочастотным процессам понимается: существенное изменение амплитуд дискретных составляющих, перераспределение энергии по частотам, рост шумовой компоненты, появление гармоник или субгармоник основной частоты возбуждения и т.п.

Изменения свойств высокочастотных процессов также отличаются в зависимости от поведения во временной реализации, можно выделить три случая:

1. характеристика высокочастотного процесса изменяется на короткий промежуток времени, по окончании которого она возвращается к первоначальному состоянию;

2. характеристики сигнала датчиков изменяются скачкообразно;

3. изменение характеристики сигнала происходит плавно, в связи с этим чаще всего анализируемые процессы представляются в виде кусочно-стационарного случайного процесса [3,5].

Ниже рассмотрим модели случайных временных реализаций процессов, используемых для имитационного моделирования. Сложность оператора, описывающего математическую модель системы и число определяющих его параметров, обусловлена требуемой точностью результатов моделирования и возможностью получения необходимых исходных данных для проведения численных расчетов. Для большинства инженерных задач, связанных с анализом случайных процессов в электромеханических системах приемлемыми являются линейные модели [6].

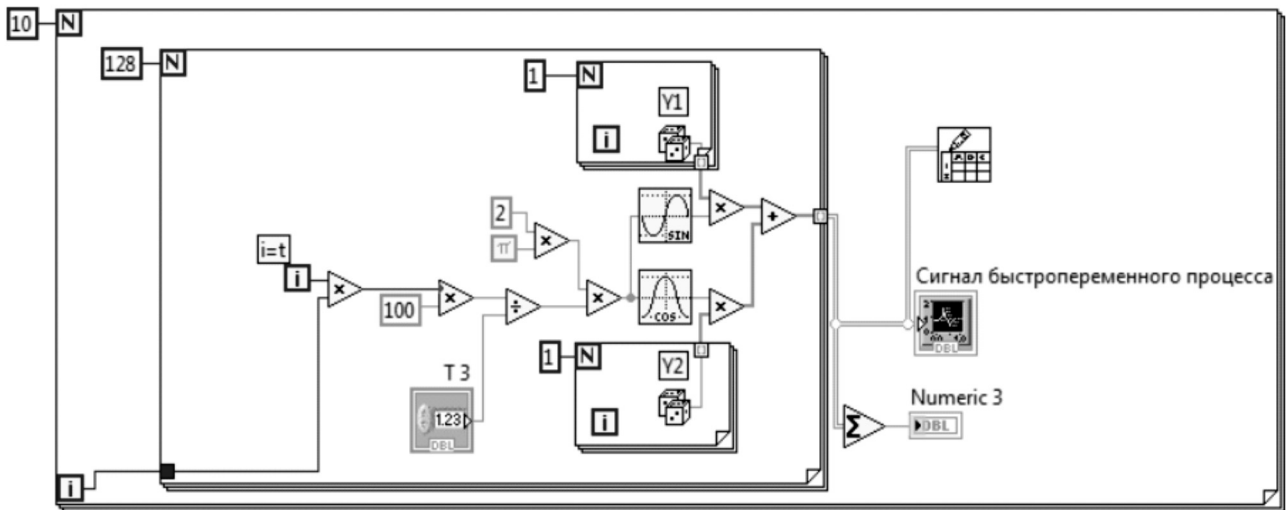


Рис. 1. Структурная схема временной реализации высокочастотного процесса по модели Райса (построено с помощью пакета Lab View).

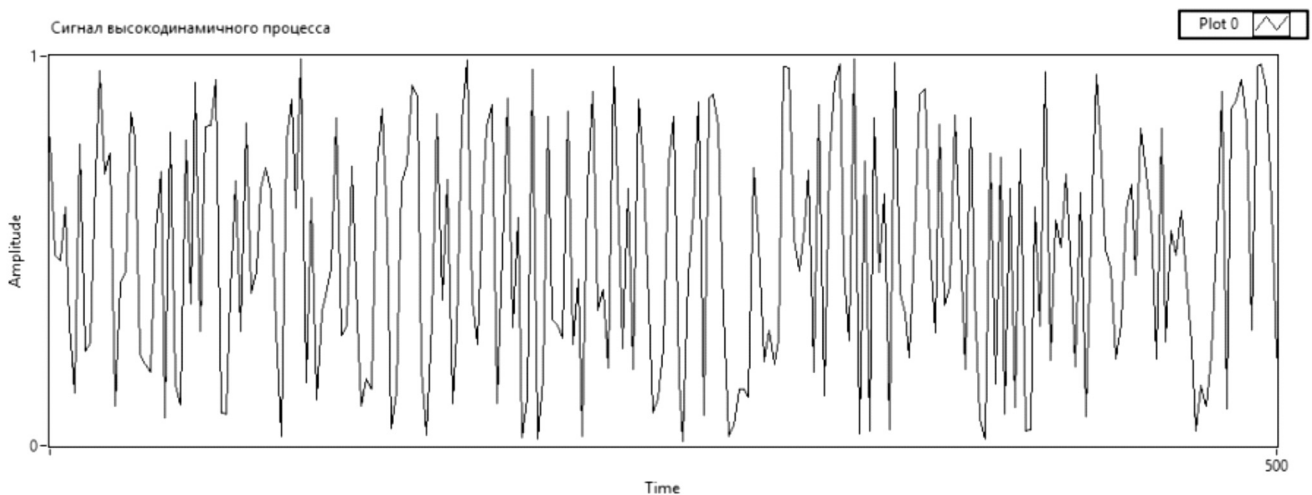


Рис. 2. Случайный сигнал высокочастотного процесса по модели Райса.

Стационарные процессы с ограниченным спектром частот в виде периодических случайных реализаций могут быть представлены случайными колебаниями по Райсу (рис. 1,2) [8].

Временная реализация задается выражением (1):

$$y'(t) = \sum_{i=1}^M \tilde{Y}_i^I \cos\left(2\pi \frac{it}{T}\right) + \tilde{Y}_i^{II} \cos\left(2\pi \frac{it}{T}\right) \quad (1)$$

Где  
 T – временной интервал;

$\tilde{Y}_i^I, \tilde{Y}_i^{II}$  – независимые случайные величины, характеризующиеся функциями плотности вероятности нормального распределения;  $i = 1, 2, 3$ .

Фактически модель Райса описывает временную периодическую реализацию с периодом T посредством гармонического ряда Фурье со случайными амплитудами и фазами составляющих гармоник. Важной является заключенная в самой модели фундаментальная связь между числом гармоник и интервалом периодичности T. Статистические характеристики этого процесса осреднен-

ные по ансамблю реализаций, могут быть сколь угодно приближены к значениям, имеющим место у реального процесса, за счет бесконечного увеличения числа составляющих модель гармоник.

Измерение высокочастотных процессов электро-механических систем применяют для контроля и диагностики их технического состояния. Данные процессы в основном имеют волновой характер распространения, параметры этих процессов имеют случайный характер, указанные особенности затрудняют идентифицировать законы распределения данных процессов с достаточной степенью точности. Экспериментальные данные о высокочастотных процессах ограничены ввиду необходимости их регистрации в реальном масштабе времени, а также следует отметить, что датчики фиксируют измеряемую величину не непрерывно, а лишь через определенный интервал времени, что увеличивает погрешность измерительной системы.

Из проведенного исследования следует, что необходимо минимизировать погрешность информационно-измерительной системы, т.е. повысить точность измерения высокочастотных процессов в электромеханических системах.

*Для этого необходимо:*

- ◆ провести анализ существующих методов повышения точности информационно-измерительных систем;
- ◆ рассмотреть пути уменьшения погрешности измерения, а именно усовершенствовать математическую модель временной реализации высокочастотного процесса;
- ◆ рассмотреть методы представления или отображения считываемых с регистрирующих датчиков данных, которые визуализируются на средствах отображения для индивидуального пользования оператора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Берестень М.П. Выявление аномальностей в структуре выбросов. Методы и средства измерения механических параметров в системах контроля и управления: Тез. Докл. Всесоюзная конф. – Пенза, ПДНТП, 1989. – 152 с.
2. Берестень М.П. Инженерная методика цифрового моделирования случайных сигналов с широким классом корреляционно-спектральных характеристик. Цифровое моделирование сложных технических систем: Тез. Докл. – Пенза ПДНТП, 1983. – 62–63 с.
3. Максимов, В. П. Измерение, обработка и анализ высокочастотных процессов в машинах. Москва: Машиностроение, 1987. – 208 с.
4. Мясникова Н.В., Берестень М.П. Экспресс-анализ сигналов в технических системах// Монография – Пенза: ПГУ, 2012. – 152с.
5. Осадчий, Е. П., Берестень М.П., Мясникова Н.В., Строганов М.П. Анализ высокочастотных процессов в сложных технических системах. Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 1996. – 64 с.
6. Чугаевский Ю.В. Элементы теории нелинейных и высокочастотных волновых процессов /АН МССР. Ин-т математики с Вычислит. центром. – Кишинев : Штинца, 1974. – 183 с
7. Яманин А. И. Расчет высокочастотных процессов в среде ANSYS/LS-DYNA. Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2011. – 92 с.
8. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Москва.:Советское радио, 1974.– 752с.

© С.Ц. Жамбалова, В.А. Шленст, ( Zhsaryuna@ya.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



# МИКРОПОЛОСКОВЫЙ НАПРАВЛЕННЫЙ ОТВЕТВИТЕЛЬ, ВЫПОЛНЕННЫЙ НА ОСНОВЕ ОТРЕЗКОВ ИСКУССТВЕННЫХ ДЛИННЫХ ЛИНИЙ

## THE MICROSTRIP DIRECTIONAL COUPLER ON THE BASIS OF SEGMENTS OF ARTIFICIAL TRANSMISSION LINES

*A. Ostankov  
N. Shchetinin*

### Annotation

Possibilities of implementation of the miniature two-loop microstrip directional coupler on segments of an artificial transmission line of original topology were investigated. The proposed configuration of the directional coupler allows us to receive electrical characteristics, equivalent to traditional topology in the given frequency band.

**Keywords:** the directional coupler, miniaturization, artificial transmission line, the frequency characteristic.

*Останков Александр Витальевич  
Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО "Воронежский  
государственный технический университет"  
Щетинин Никита Николаевич  
Преподаватель,  
ФКОУ ВО "Воронежский институт  
ФСИН России"*

### Аннотация

Исследована возможность реализации миниатюрного двухшлейфного микрополоскового направленного ответвителя на отрезках искусственной длинной линии оригинальной топологии. Предложенная конфигурация направленного ответвителя позволяет обеспечить электрические характеристики, эквивалентные традиционной топологии в заданной полосе частот.

### Ключевые слова:

Направленный ответвитель, миниатюризация, искусственная длинная линия, частотная характеристика.

Направленные ответвители широко применяются для деления–сложения мощности в различных функциональных узлах СВЧ и антенной техники: частотных разделителях каналов и мультиплексорах, фазовращателях, схемах питания многоэлементных антенн и т.п.

В последние годы появилось большое количество работ, посвященных вопросам миниатюризации микрополосковых линий передачи применительно к коротковолновой части УВЧ и длинноволновой области СВЧ. Так, самым простым способом уменьшения габаритных размеров микрополосковых устройств, в частности шлейфных и гибридных направленных ответвителей, является их реализация с использованием отрезков меандровой линии [1]. Сокращение габаритов при этом ограничено критической плотностью размещения витков проводника, превышение которой приводит к нелинейной зависимости задержки в линии от геометрической длины токоведущей полоски, а также к нарушению согласования линии по сопротивлению [2].

Другой подход, обеспечивающий миниатюризацию направленных ответвителей, заключается в использовании элементов поверхностного монтажа [3]. Следует по-

нимать, что совмещение в комбинированных схемах микрополосковых и навесных элементов не всегда возможно по причине низкой добротности последних. Микрополосковые структуры с фотонной запрещенной зоной так же являются альтернативным и эффективным способом миниатюризации [4].

Однако определенная часть практически апробированных методик реализации подобных устройств требует применения специальных технологий, например выполнения последовательности отверстий различной формы, что является недостатком данного подхода [5].

В работе [6] предложен метод миниатюризации печатных направленных ответвителей с помощью различных типов выборок в экранном проводнике. Метод имеет ограниченные возможности и применяется, главным образом, на УВЧ. Известны варианты конфигурации ответвителей, в которых применены отрезки искусственной длинной линии, в том числе и на сосредоточенных элементах (см., например, [7]).

Таким образом, в настоящее время по-прежнему актуальна задача разработки компактных микрополосковых направленных ответвителей, реализуемых при помо-

щи стандартной технологии изготовления печатных плат, без использования элементов поверхностного монтажа, навесных проводников и межслойных отверстий в подложках.

Цель работы заключается в демонстрации возможности снижения габаритов направленного ответвителя за счет использования отрезков искусственной длинной линии на сосредоточенных элементах по поиску конфигурации ответвителя, осуществляющего равное деление мощности в выходные плечи, развязанные относительно входного плеча.

Как известно, традиционный направленный ответвитель состоит из четырех отрезков линий передачи с длиной, равной четверти длины волны. Использование распределенных четвертьволновых отрезков линии передачи приводит к весьма значительным габаритам устройства, особенно при работе на ВЧ. На рис. 1 приведена конфигурация и указаны габаритные размеры (в мм) традиционного двухшлейфного направленного ответвителя для частотного диапазона 0.85 – 0.95 ГГц, реализованного на диэлектрической подложке R04003С с относительной диэлектрической проницаемостью 3.55, толщиной 0.508 мм и тангенсом угла диэлектрических потерь 0.0027.

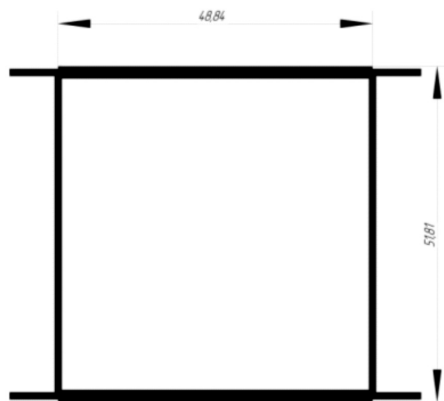


Рис. 1. Исходная конфигурация и габаритные размеры (мм) двухшлейфного направленного ответвителя для диапазона 0.85 - 0.95 ГГц.

Для уменьшения габаритных размеров устройства предлагается выполнить четвертьволновые отрезки в виде искусственных длинных линий с сосредоточенными параметрами, особенностью которых является представленное на рис. 2. совмещение погонных и сосредоточенных индуктивностей и емкостей.

На рис. 3 представлена микрополосковая топология направленного ответвителя на основе искусственных длинных линий, предназначенного для работы в частотном диапазоне 0.85 - 0.95 ГГц с центральной частотой 0.9 ГГц и равномерным делением мощности в выходных плечах. Электродинамическое моделирование процессов

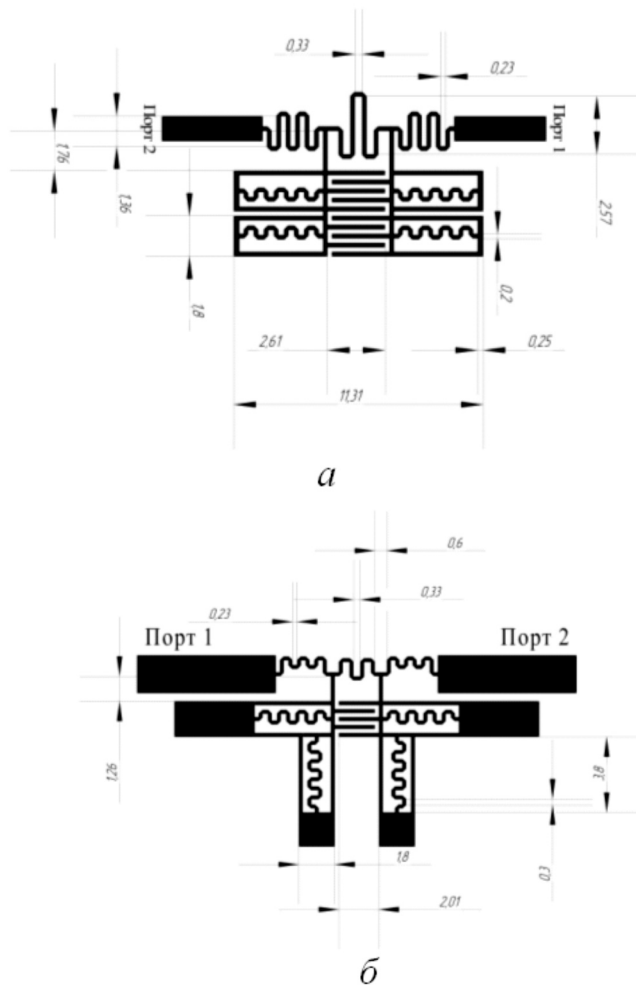


Рис. 2. Топология и геометрические размеры 50-омной (а) и 35-омной (б) искусственных длинных линий.

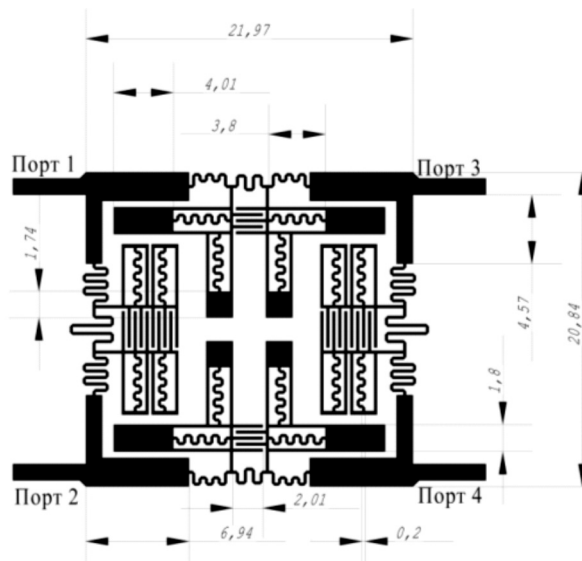
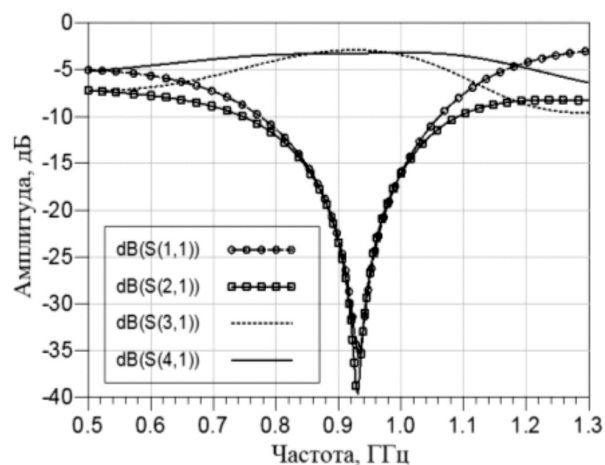


Рис. 3. Предлагаемая конфигурация направленного ответвителя на основе искусственных длинных линий (порт 1 - входное плечо, порты 3 и 4 - выходные плечи).

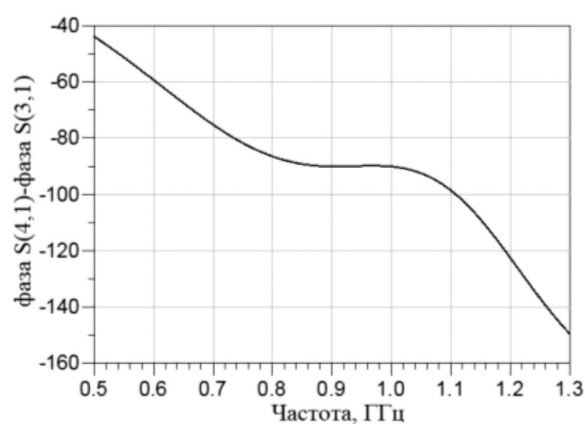
в направленном ответвителе реализовано с помощью ознакомительной версии программного продукта Advanced Design System [8]. Диэлектрическая подложка выполнена с использованием материала RO4003C с указанными выше параметрами.

Результаты электродинамического моделирования свидетельствуют о том, что в полосе частот 0.85 – 0.95 ГГц предлагаемый направленный ответвитель характеризуется неравномерностью коэффициента деления мощности в выходных плечах не более 0.34 дБ и фазовым дисбалансом менее 0.9 (рис. 4). На рабочих частотах развязка между выходными плечами и коэффициент отражения по входу не превышают "минус" 34 дБ. Характеристики разработанного направленного ответвителя на отрезках искусственных линий, в том числе ширина полосы рабочих частот, практически совпадают с характеристиками традиционного ответвителя (рис. 1). Преимущество предложенной топологии состоит в том, что при ее использовании достигается значительное уменьшение габаритных размеров ответвителя и соответственно площади, занимаемой микрополосковой схемой на подложке. В частности, разработанная топология направленного ответвителя использует на диэлектрической подложке площадь, составляющую около 18% от площади традиционной схемы.

Таким образом, предложена конфигурация двухшлейфного направленного ответвителя с равным делением мощности в выходные плечи, развязанные относительно входного плеча. Использование отрезков искусственной длинной линии позволило значительно снизить габариты и площадь схемы ответвителя. Разработанный направленный ответвитель использован в качестве компонента диаграммообразующей схемы (в виде матрицы Батлера) управления диаграммой направленности фазированных антенных решеток.



а



б

Рис.4. Частотные характеристики разработанного направленного ответвителя: амплитудно-частотные или частотные зависимости  $s$ -параметров (а), зависимость сдвига фаз между выходными плечами (б).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гупта, К. Машинное проектирование СВЧ устройств / К. Гупта, Р. Гардж, Р. Чадха. – М.: Радио и связь, 1987. – 432 с.
2. Малютин, Н.Д. Исследование меандровой полосковой линии / Н.Д. Малютин, П.П. Галинский // Известия Томского политехнического института. – 1974. – Т. 210: Энергетика. – С. 21–25.
3. Chiang, Y.C. Design of a wideband lumped-element 3-dB quadrature coupler / Y.C. Chiang, C.Y. Chen // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2001. – vol. 49, no. 3. – pp. 476–479.
4. A uniplanar compact photonic-bandgap (UC-PBG) structure and its applications for microwave circuits / F.R. Yang, K.P. Ma, Y.X. Qian, T. I. Itoh // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques/ – 1999. – vol. 47, no. 8. – pp. 1509–1514.
5. Yang, H.-Y.D. Theory of microstrip lines on artificial periodic substrates / H.-Y.D. Yang // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 1999. – vol. 47, no. 5. – pp. 629–635.
6. Size-reduced rectangular patch hybrid coupler using patterned ground plane / S.H. Zheng, S.H. Yeung, W.S. Chan, K.F. Man, S.H. Leung // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2009. – vol. 57, no. 1. – pp. 180–188.
7. Antoniadis, M. A. A broadband Wilkinson balun using microstrip metamaterial lines / M.A. Antoniadis, G.V. Eleftheriades // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. – 2005. – vol. 4, no. 8. – pp. 209–212.
8. ADS 2015.01 Product Release // Keysight Technologies. URL: <http://www.keysight.com/en/pd-2486326/ads-201501?cc=US&lc=eng> (дата обращения: 13.10.2015).



# НИЗКОПРОФИЛЬНЫЙ ВОЛНОВОДНЫЙ МОСТ

## LOW-PROFILE WAVEGUIDE BRIDGE

*A. Suchkov*

### Annotation

Developed and experimentally researched the design of waveguide cophased-antiphase power divider S-band with an adjustable division ratio. It is determined that the divider implemented on the basis of two 3-decibel directional couplers and a phase shifter connected between them, provides improved in comparison with known modifications of the waveguide sum-difference device electrical characteristics. Equations for calculating design of dual-channel tunable waveguide phase shifter without dielectric filling, which provides a constant phase difference between channels in a wide frequency range are presented. Modern technological methods of manufacturing of unit using the machines with programmed numerical control are considered.

**Keywords:** waveguidebridge, division ratio, directional coupler, electromagnetic simulation.

**Сучков Александр Владимирович**  
АО "Научно-производственное объединение, "Лянозовский электромеханический завод", г. Москва

### Аннотация

Разработана и экспериментально исследована низкопрофильная конструкция волноводного мостового делителя мощности S-диапазона с регулируемым коэффициентом деления. Установлено, что делитель, реализованный на базе двух 3-децибелных направленных ответвителей и фазовращателя, включенного между ними, обеспечивает более высокие по сравнению с известными вариантами волноводных суммарно-разностных устройств электрические характеристики. Приведены соотношения для расчета конструкции двухканального перестраиваемого волноводного фазовращателя без диэлектрического заполнения, который обеспечивает постоянство разности фаз между каналами в широком диапазоне частот. Рассмотрены современные технологические методы изготовления устройства с использованием станков с числовым программным управлением.

### Ключевые слова:

Волноводный мост, коэффициент деления, направленный ответвитель, электродинамическое моделирование.

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие и совершенствование современных радиолокационных систем делает весьма актуальной задачу разработки высококачественных мостовых устройств, предназначенных для запитки волноводных диаграммообразующих схем моноимпульсных антенн с частотным сканированием [1], [2], поскольку характеристики этих устройств в значительной мере определяют качество формируемых диаграмм направленности суммарного и разностного каналов.

Поэтому основным требованием, предъявляемым к мостовым устройствам, является достижение оптимальных электродинамических параметров с точки зрения реализации заданных амплитуд и фаз на выходах в рабочем диапазоне частот, минимального амплитудного и фазового разбаланса, минимальных вносимых потерь, необходимой развязки между выходами, хорошего согласования выходов.

Основными недостатками известных и широко применяемых волноводных мостовых устройств (щелевой

мост, кольцевой мост, двойной T-мост) [3], [4] являются их относительная узкополосность, а также практическое отсутствие возможности регулировки выходных электрических параметров, которые могут иметь существенное отклонение от расчетных, за счет влияния разброса технологических допусков при изготовлении.

С учетом обозначенных выше проблем была поставлена задача разработки и экспериментального исследования характеристик низкопрофильной конструкции волноводного моста с регулируемым коэффициентом деления в S-диапазоне.

## Принцип построения устройства

Для решения поставленной задачи был предложен вариант реализации волноводного мостового устройства на базе 2-х 3-децибелных направленных ответвителей (НО) и фазовращателя (ФВ), включенного между ними (рис. 1).

Рассмотрим принцип работы устройства. При возбуждении плеча 1 мощность делится в требуемом соотноше-

нии между плечами 2 и 3, возбуждая их синфазно. Плечо 4 оказывается развязанным, так как волны распространяющиеся по устройству в этой области равны и противофазны. При возбуждении плеча 4 мощность также делится в требуемом соотношении между плечами 2 и 3, возбуждая их однако в противофазе. Плечо 1 при этом оказывается развязанным. Коэффициент деления моста определяется значением разности фаз сигналов на выходах фазовращателя.

Каждый 3-децибельный НО, входящий в состав конструкции устройства, выполнен в виде 2-х параллельных прямоугольных волноводов с Т-образным элементом связи в общей широкой стенке. Различные подходы к расчету рабочих характеристик и параметров конструкции, а также технология изготовления таких НО подробно рассмотрены в [5], [6].

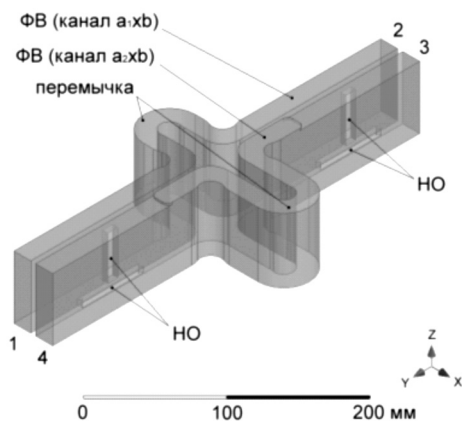


Рис. 1. Волноводный мост (электродинамическая модель).

### Волноводный фазовращатель

Оригинальным элементом, определяющим качество характеристик предлагаемого варианта мостового устройства, является перестраиваемый двухканальный фазовращатель, обеспечивающий постоянство разности фаз между волноводными каналами в широком диапазоне частот, без применения в составе его конструкции диэлектрических фазосдвигающих клиньев.

Принцип работы фазовращателя основан на предположении, что два прямоугольных волновода с сечениями каналов  $a_1 \times b$  и  $a_2 \times b$  и длинами  $L_1$  и  $L_2$ , соответственно, могут обеспечить постоянство разности фаз  $\Delta\phi$  в диапазоне длин волн от  $f_H$  до  $f_B$ .

Тогда, принимая известными значения  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b$ ,  $f_H$ ,  $f_B$  и  $\Delta\phi$  величины  $L_1$  и  $L_2$  могут быть определены исходя из следующих соотношений:

$$L_1 = \frac{\Delta\phi}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1 - \frac{\Lambda_{H2}}{\Lambda_{B2}}}{\frac{1}{\Lambda_{B1}} - \frac{1}{\Lambda_{B2}} - \frac{\Lambda_{H2}}{\Lambda_{B2}} \cdot \left( \frac{1}{\Lambda_{H1}} - \frac{1}{\Lambda_{H2}} \right)} \quad (1)$$

$$L_2 = L_1 + \Lambda_{H2} \cdot \left[ L_1 \cdot \left( \frac{1}{\Lambda_{H1}} - \frac{1}{\Lambda_{H2}} \right) - \frac{\Delta\phi}{2 \cdot \pi} \right] \quad (2)$$

где  $\Lambda_{H1}$ ,  $\Lambda_{B1}$ ,  $\Lambda_{H2}$ ,  $\Lambda_{B2}$

– (см. соотношения (3)) длина волны в волноводе с соответствующим поперечным сечением  $a_1 \times b$  ( $a_2 \times b$ ) на нижней ( $f_H$ ) и верхней ( $f_B$ ) частотах рабочего диапазона:

$$\Lambda_{H1(2)} = \frac{c}{f_H \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{c}{2 \cdot f_H \cdot a_{1(2)}} \right)^2}}; \quad (3)$$

$$\Lambda_{B1(2)} = \frac{c}{f_B \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{c}{2 \cdot f_B \cdot a_{1(2)}} \right)^2}}$$

Необходимо отметить, что в соответствии с формулами (1) и (2) длина фазовращателя определяется соотношением размеров широких стенок волноводных каналов  $a_1$  и  $a_2$ .

При этом, исходя из соображений упрощения реализации топологии устройства значение  $a_1$  целесообразно выбрать равным величине широких стенок волноводных линий НО.

Для обеспечения согласования канала фазовращателя, имеющего сечение  $a_2 \times b$ , с волноводными линиями НО с сечением  $a_1 \times b$  (при  $a_2 - a_1 \geq 4..5$  мм) в конструкции устройства должны быть предусмотрены согласующие четвертьволновые трансформаторы.

Также было установлено, что частотная неравномерность разности фаз  $\Delta\phi$  увеличивается с ростом величины  $\Delta\phi$  и по результатам расчетов не превышает значения  $\pm 0,5^\circ$  при  $\Delta\phi = 180^\circ$  в диапазоне частот около 6% (рис. 2).

Для сравнения на рис. 2 также приведена частотная неравномерность фазовращателя выполненного на базе 2-х волноводных каналов одинакового сечения  $a_1 \times b$  (показано пунктирной линией).

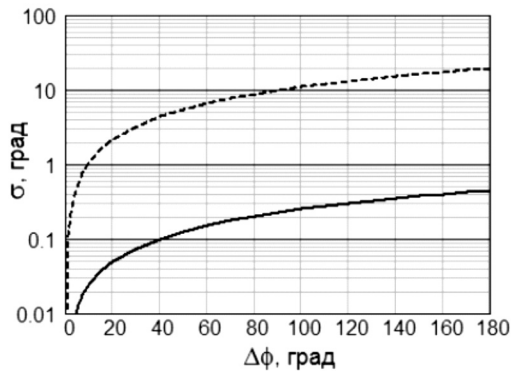


Рис. 2. Частотная неравномерность фазовращателя.

### Основные характеристики

Моделирование волноводного мостового устройства выполнялось на основе разработанной трехмерной электродинамической модели (рис. 1) методом конечных элементов в специализированном программном пакете. По результатам электродинамического моделирования была разработана и изготовлена конструкция экспериментального образца устройства. На рис. 3. приведены амплитудные характеристики устройства (при различных значениях  $\Delta\phi$ ), полученные по результатам электродинамических расчетов (сплошная и пунктирная линии), а также характеристики экспериментального образца (обозначены точками), измеренные с помощью векторного анализатора цепей *Agilent E5071B* на средней частоте 2775 МГц.

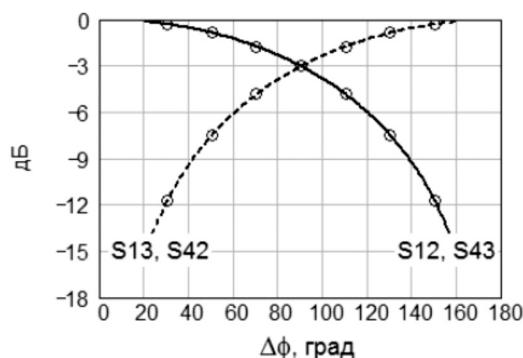


Рис. 3. Характеристики мостового устройства.

Результаты расчетов и эксперимента также показали, что амплитудные и фазовые характеристики мостового устройства при различных значениях  $\Delta\phi$  остаются стабильными в полосе частот около 6%. При этом разбаланс амплитуд на выходах устройства составляет менее  $\pm 0,1$  дБ, вносимые потери – около 0,05 дБ, фазовый разба-

ланс – не более  $\pm 1^\circ$ .

Устройство имеет высокую развязку выходов, которая составляет 25 дБ, а также хороший уровень согласования – КСВН любого из 4-х выходов устройства не превышает значения 1,15 во всем рабочем диапазоне частот (от 2690 МГц до 2860 МГц).

Видно, что при перестройке фазовращателя в пределах  $20^\circ \dots 160^\circ$  динамический диапазон изменения коэффициента деления устройства составляет не менее 15 дБ. Эта особенность позволяет компенсировать влияние технологических допусков изготовления на амплитудные характеристики устройства при сохранении качества согласования, развязок между выходами и фазовых характеристик.

### Конструктивно-технологическая реализация

Современная технология изготовления с использованием станков с числовым программным управлением (ЧПУ) предполагает реализацию конструкции моста (рис. 1.) в виде сборки 2-х зеркально-симметричных фрезерованных соответствующим образом алюминиевых пластин, образующих при сопряжении по плоскости, проходящей через середины широких стенок волноводных каналов, корпус устройства.

Внутри корпуса расположена топология направленных ответвителей и фазовращателя.

Фрезеровка волноводной топологии фазовращателя производится с помощью стандартной торцевой фрезы диаметром 10 мм. Технология изготовления НО рассмотрена в [5].

Для обеспечения регулировки коэффициента деления необходимо иметь возможность изменения длин каналов фазовращателя  $L_1$  и  $L_2$ . Для этого волноводная топология каждого из каналов фазовращателя имеет два выхода, сопрягаемых с помощью фланцевого соединения с перемычкой, которая представляет собой поворот волновода в Е-плоскости на  $180^\circ$ .

При регулировке устройства между перемычкой и выходами каналов фазовращателя устанавливаются дополнительные отрезки волноводов (волноводные вставки с сечениями каналов  $a_1 \times b$  и  $a_2 \times b$ ), обеспечивающие необходимое соотношение длин  $L_1$  и  $L_2$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Высокие электрические характеристики мостового устройства достигнуты за счет применения рассчитанного в соответствии с выражениями (1) и (2) фазовращателя, обеспечивающего постоянство разности фаз между волноводными каналами в рабочей полосе частот с частотной неравномерностью порядка  $\pm 0,5^\circ$ .

2. Влияние технологических допусков изготовления на амплитудные характеристики устройства компенсируется возможностью регулировки коэффициента деления.

3. Электрическая прочность устройства ограничивается размерами поперечной и продольной щелей Т-образного элемента связи в направленных ответвителях, примененных в составе конструкции.

4. Технология изготовления моста позволяет интегрировать его конструкцию (с целью синфазно-противофазной запитки) в топологию фрезерованных волноводных распределителей мощности антенн моноимпульсных радиолокационных станций [2].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин Н.Д., Исаков М.В. // Патент 2490760 (РФ). Моноимпульсная антенна с частотным сканированием. Оpubл. в Б. И., 2013. № 23.
2. Сучков А.В. Моноимпульсная волноводно-щелевая антенная решетка с частотным сканированием // Аннотации работ 7-го межотраслевого молодежного конкурса научно-технических работ и проектов "Молодежь и будущее авиации и космонавтики". (Москва, 17 ноября 2015). Москва: МАИ. 2015. С. 176-178.
3. Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М., Пономарев Л.И. Устройства СВЧ и антенны / Под ред. Д.И. Воскресенского. Изд. 2-е, доп. и перераб. М.: Радиотехника. 2006. 376 с.
4. Фельдштейн А.Л., Явич Л.Р., Смирнов В.П. Справочник по элементам волноводной техники. М.: Сов. Радио, 1967. 652 с.
5. Сучков А.В. Характеристики и практическое применение технологичной конструкции волноводного Т-щелевого направленного ответвителя // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия "Естественные и технические науки".
6. Сосунов В.А., Шибяев А.А. Направленные ответвители сверхвысоких частот. Саратов. Приволжское книжное издательство. 1964. 136 с.

© А.В. Сучков, (avs@bk.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

56 WEB STUDIO 2GIS OMG Orenburg Media Group

Оренбуржье сердце Евразии

НЕФТЬ. ГАЗ. ЭНЕРГО»

- Добыча нефти и газа (технологии и оборудование)
- Геология, геофизика
- Сейсмическое оборудование и услуги
- Транспортировка, переработка и хранение нефти, нефтепродуктов и газа

17 - 19 ФЕВРАЛЯ

Оренбург

ООО «УралЭкспо»

# МЕТОД РАСЧЁТА НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ В УСТРОЙСТВАХ, СОДЕРЖАЩИХ PIN-ДИОДЫ

## METHOD OF CALCULATION NONLINEAR DISTORTIONS IN THE DEVICES CONTAINING PIN-DIODES

*N. Unru*

### Annotation

The question on nonlinear distortions of a high-frequency signal in pin-diodes is considered. The method of calculation is offered and the analytical expressions allowing simply and precisely enough to calculate level of nonlinear distortions in devices, containing pin-diodes are presented. The settlement data experimental and corresponding to them is cited.

**Keywords:** pin-diode, distortions, nonlinear.

*Унру Николай Эдуардович*

*К. т. н., доцент, каф. радиоприёмных  
и радиопередающих устройств,  
радиотехника, Новосибирский  
государственный технический  
университет, г. Новосибирск*

### Аннотация

Рассмотрен вопрос о нелинейных искажениях высокочастотного сигнала в pin-диодах. Предложен метод расчёта и представлены аналитические выражения, позволяющие просто и достаточно точно рассчитать уровень нелинейных искажений в устройствах, содержащих pin-диоды. Приведены экспериментальные и соответствующие им расчётные данные.

### Ключевые слова:

Pin-диод, искажения, нелинейные.

Проблема нелинейного преобразования входных сигналов в устройства, содержащих pin-диоды, рассматриваются в работах [1 – 3] и др. Однако использовать метод рядов Вольтера, обладающий хорошей точностью и универсальностью, для анализа нелинейных искажений на практике достаточно трудно, так как он требует большого объёма вычислений. Полученные же в [1] аналитические выражения пригодны лишь для расчёта нелинейных искажений в цепях с прямосмещёнными pin-диодами при уровне входной мощности не более +30 дБ/мВт и при дифференциальном сопротивлении прямосмещённого pin-диода, много меньшем волнового сопротивления тракта передачи, содержащего последовательно включённый pin-диод. Представленный же в [2, 3] метод расчёта ориентирован больше не на разработчиков радиоэлектронных устройств, а на разработчиков самих pin-диодов, так как основан на использовании характеристических параметров диодов, отсутствующих в справочной литературе.

В данной работе предлагаются аналитические выражения, с помощью которых можно рассчитать уровень нелинейных искажений как при прямом, так и при обратном смещениях на pin-диодах, справедливые при менее жёстких ограничениях, чем в [1], а также при меньших ограничениях, накладываемых на схемотехнику устройства, например, в дискретно перестраиваемых фильтрах [4 и др.].

Активная дифференциальная проводимость pin-диода при обратном смещении зависит от частоты [5] и не может быть определена по обратной ветви статической вольт-амперной характеристики. Однако ёмкость обратносмещённого pin-диода можно считать постоянной, так как влияние нелинейности этой зависимости от напряжения обратного смещения значительно меньше влияния нелинейности зависимости активной проводимости. Будем считать, что последняя зависимость представлена полиномом

$$\frac{di}{dU} = \beta_0 + \beta_1 U + \beta_2 U^2 \quad (1)$$

где  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  – постоянные коэффициенты;  $U$  – напряжение. Отличительные качества прямосмещённого pin-диода по сравнению с другими полупроводниковыми СВЧ диодами с резистивной нелинейностью обусловлены наличием в  $i$ -области объёмного заряда  $Q_0$  за счёт постоянного тока  $I_0$ . Это позволяет ввести понятие квазиёмкости прямосмещённого pin-диода при постоянном напряжении на нём  $U_0$ :

$$C_0 = \frac{Q_0}{U_0} \quad (2)$$

Под действием протекающего через прямосмещённый pin-диод гармонического высокочастотного (ВЧ) тока

$$i(t) = I_m \sin(\omega t) \quad (3)$$

амплитудой  $I_m$  и круговой частотой  $\omega = 2\pi/T$ , величина заряда  $i$ -области будет также изменяться с той же частотой и амплитудой

$$q = \int_0^{T/2} i(t) dt = 2I_m/\omega = 2U_m k_1/\omega \quad (4)$$

где  $U_m$  – амплитуда ВЧ напряжения на диоде;

$$k_1 = \beta_0 + \beta_1 U_0 + \beta_2 U_0^2 \quad (5)$$

Вследствие этого мгновенное значение абсциссы рабочей точки  $p\text{-}$ диода на вольт-амперной характеристике (ВАХ) будет изменяться с амплитудой

$$U = \frac{q}{C_0} = 2U_m k_1 \frac{U_0}{\omega Q_0} \quad (6)$$

и, следовательно, границами рабочей области на ВАХ будут напряжения  $U_0-U$  и  $U_0+U$ .

Происходит как бы "сжатие" амплитуды ВЧ напряжения на  $p\text{-}$ диоде в  $2k_1 \frac{U_0}{\omega Q_0}$  раз по сравнению с чисто резистивной нелинейностью.

Сказанное будет справедливо при условии, что  $q < Q_0$

или иначе 
$$I_m < \omega \frac{Q_0}{2} \quad (7)$$

Этим, в сущности, закончено описание способа сопоставления нелинейности, обладающей зарядом, резистивной нелинейности.

Продуктом нелинейного преобразования ВЧ напряжения будет ток  $I_H$ , который можно рассматривать как результат последовательного включения с активным дифференциальным сопротивлением  $p\text{-}$ диода источника напряжения с э. д. с.

$$E_H = \frac{I_H}{k_1} \quad (8)$$

как показано на рис. 1.

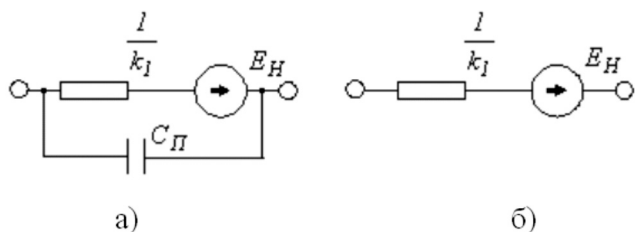


Рисунок 1. Эквивалентные схемы обратносмещённого - а и прямосмещённого - б  $p\text{-}$ диода

Выполнив несложные преобразования, находим, приведённые в табл. 1., выражения для  $E_H$  для различных критериев нелинейности (КН), при этом

$$k_2 = \frac{\beta_1}{2} + \beta_2 U_0 \quad (9)$$

$$k_3 = \frac{\beta_2}{3} \quad (10)$$

$K_2, K_3$  – коэффициенты гармоник по 2-ой и 3-ей гармоникам соответственно;  $K_{02}$  и  $K_{03}$  – коэффициенты гармоник соответственно 2-го и 3-го порядков огибающей амплитудно-модулированного сигнала с глубиной модуляции  $M$ ;  $K_{11}$  и  $K_{12}$  – соответственно коэффициенты интермодуляции 2-го и 3-го порядков;  $U_{m1}$  и  $U_{m2}$  – амплитуды ВЧ напряжения с частотами  $\omega_1$  и  $\omega_2$  соответственно.

Рассмотрим область применения предложенного метода расчёта. Очевидно, что для обратносмещённого  $p\text{-}$ диода во избежание пробоя требуется выполнение неравенства

где 
$$U_{проб} > 2U_m, \quad (11)$$

$U_{проб}$  – напряжение пробоя  $p\text{-}$ диода, а рассеиваемая прямосмещённым  $p\text{-}$ диодом ВЧ мощность не должна превышать предельно-допустимой или иначе

$$I_m < 2kIP_m. \quad (12)$$

Приравняв (12) и (7), можно найти выражение для частоты  $f_C$ , выше которой более жестким является ограничение (12), а ниже – ограничение (7):

$$f_C = 2P_m k_1 / (\pi Q_0) \quad (13)$$

Для трёх типов  $p\text{-}$ диодов (условно малой, средней и большой мощности) при постоянном токе 100 мА в таблице 2 приведены значения  $f_C, P_m$  и  $1/k_1$ , откуда видно, что предлагаемый метод расчёта нелинейных искажений в  $p\text{-}$ диоде работоспособен для частот больших  $f_C$  при значительно больших уровнях ВЧ мощности, чем метод [1]. Для экспериментальной проверки предлагаемого метода использовался  $p\text{-}$ диод типа КА507А, последовательно включённый в 50-омную линию передачи, как показано на рис. 2 и рис. 3. Там же представлены результаты измерений и расчётов для прямого (рис. 2) и обратного (рис. 3) смещений. Вычисления выполнялись следующим образом. Сначала общеизвестными методами теории цепей вычислялось значение  $I_m$  на  $p\text{-}$ диоде. Потом по формулам табл. 1. рассчитывалось значение

$$E_H = 2k_1 k_2 U_0^2 U_m^2 / (\omega Q_0)^2$$

для прямосмещённого или

$$E_H = k_2 U_m^2 / (2k_1)$$

– для обратносмещённого  $p\text{-}$  диода.

Таблица 1.

КН	При прямом смещении	При обратном смещении
K2	$2k_1k_2U_0^2U_m^2/(\omega Q_0)^2$	$k_2U_m^2/(2k_1)$
K2	$2k_1^2k_3U_0^3U_m^3/(\omega Q_0)^3$	$k_3U_m^3/(4k_1)$
Ko2	$9/2M^2k_1^2k_3U_0^3U_m^3/(\omega Q_0)^3$	$9M^2k_3U_m^3/(16k_1)$
Ko3	$3/4M^3k_1^2k_3U_0^3U_m^3/(\omega Q_0)^3$	$3M^3k_3U_m^3/(32k_1)$
K11	$4k_1k_2U_0^2U_{m1}U_{m2}/(\omega_1\omega_2Q_0^2)$	$k_2U_{m1}U_{m2}/k_1$
K12	$6k_1^2k_3U_0^3U_{m1}^2U_{m2}/(\omega_1\omega_2Q_0^3)$	$3k_3U_{m1}^2U_{m2}/(4k_1)$

Затем опять методами электрических цепей рассчитывался уровень нелинейного продукта на нагрузке. результат сравнения **рис. 2** и **рис. 3** противоречит выводу [1] о том, что уровень нелинейных продуктов в рpn-диоде при обратном смещении гораздо меньше, чем при прямом. К сказанному следует добавить, что нелинейные свойства рpn-диодов могут сильно различаться от образца к образцу даже для диодов одного типа. Это может в отдельных случаях заставить производить подбор рpn-диодов по нелинейным свойствам (см. рpn-диоды 2Д531А-6, 2Д531Б-6 [6]).

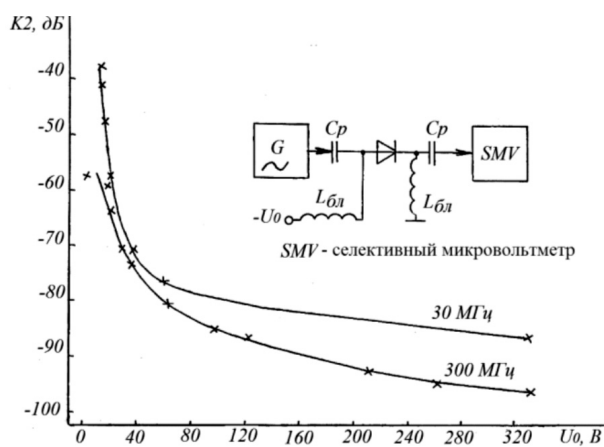


Рисунок 2. Экспериментальные - x и теоретические - — зависимости K2 от тока прямого смещения.

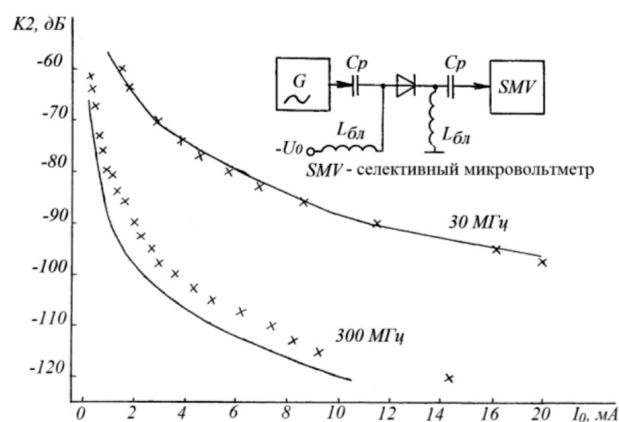


Рисунок 3. Экспериментальные - x и теоретические - — зависимости K2 от тока прямого смещения.

Последнее хорошо видно из **рис. 4**, на котором для 3-х экземпляров рpn-диодов типа КА507А изображены экспериментальные и теоретические зависимости значений K12 от напряжения обратного смещения, а также схема измерений. Измерения и расчёты выполнены для частот интермодуляционных составляющих 162 и 164 МГц и их значения достаточно хорошо совпадают.

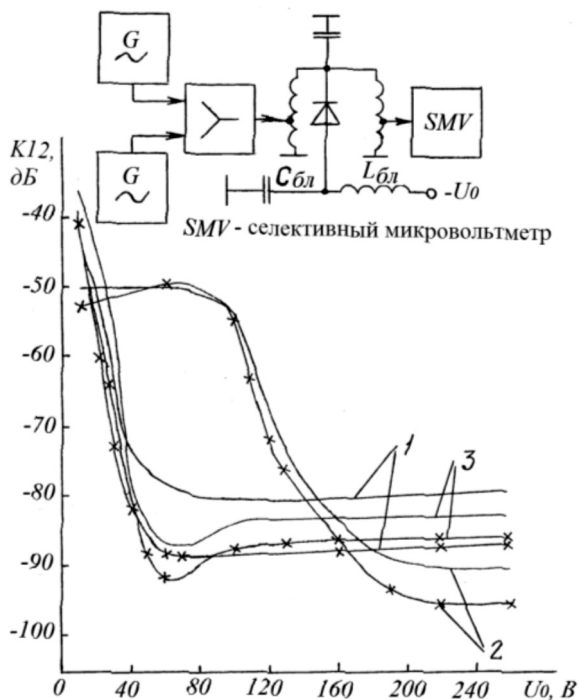


Рисунок 4.  
 Экспериментальные - x  
 и теоретические - — зависимости K12  
 от напряжения обратного смещения.

ВЫВОД

Предложен простой метод расчёта нелинейных искажений, порождаемых p-n-диодом, который может быть с достаточной достоверностью использован на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. HillerG., Caverly R. Microwaves and RF, vol. 24, 1985, N 13, pp. 103–105, 107–108; vol. 25, 1986, N 1, pp. 111–113, 115–116.
2. Абрамов А. А., Кошоридзе С.И. – Изв. вузов СССР, сер. Радиозлектроника, 1991, N 3, с. 42 – 47.
3. Абрамов А. А., Горбатый И.Н., Кошоридзе С.И., Ткачёв В.А. – Радиотехника и электроника, т. 34, 1989, N 1, с. 147–154.
4. Унру Н.Э. Методы синтеза дискретно перестраиваемого резонатора на отрезке регулярной длинной линии. – Радиотехника, 2010, № 1 – с. 82–87.
5. Хижа Г.С., Вендик И.Б., Серебрякова Е.А. СВЧ фазовращатели и переключатели. – М.: Радио и связь, 1984, 184 с.
6. Хрулёв А.К., Черепанов В.П. Диоды и их зарубежные параметры. Справочник. В 3 т. т. 2. – М.: ИП РадиоСофт, 2001. – 640 с.

© Н.Э. Унру, ( nisko@ngs.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



Новосибирский государственный технический университет



# МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ НАСЕЛЕНИЯ БОЛЬШИХ И СРЕДНИХ ГОРОДОВ

## MODELS AND METHODS OF DECISION SUPPORT BY INFORMATION SYSTEM FOR URBAN TRANSPORTATION CONTROL IN MEDIUM AND BIG TOWNS

*Yu. Volodina*

### Annotation

Complex low-cost method of investigation and improvement of quality of urban transportation is given. The method can be used in conditions of medium and big towns in Russia. Possibility of needful transportation flow is used as optimization criteria. All calculations are based on open datasets. Changes of exist information system for urban transport control based on the method leads to better satisfaction of citizens in respect of urban transport service.

**Keywords:** Urban transport, modeling, control.

*Володина Юлия Игоревна*

*Ассистент, каф. автоматизации технологических процессов, Березниковский филиал ФГБОУ ВПО Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

### Аннотация

Представлена комплексная методика малозатратного исследования и улучшения качества транспортного обслуживания населения. Методика может быть применена в условиях больших и средних городов России. В качестве критерия оптимальности используется возможность реализации потребных пассажиропотоков города. Все расчеты производятся на основе открытых данных. В результате модификации существующей информационной системы расчета расписаний движения в соответствии с предложенной методикой удалось добиться более полного удовлетворения потребностей населения в обеспечении городским общественным транспортом.

### Ключевые слова:

Городской общественный транспорт, моделирование, управление.

Качество работы органов местного самоуправления оценивается населением, в т.ч., по уровню транспортного обеспечения. Техническая система городского общественного транспорта (ГОТ), удовлетворяя потребности населения в передвижениях, обеспечивает функционирование экономики города и способствует увеличению свободного времени людей, предоставляя им возможность пользоваться услугами территориально рассредоточенных объектов производственной и социальной структуры. Указом Президента от 28.04.2008 № 607 "Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов" [29] и уточняющим его постановлением Правительства РФ от 17.12.2012 № 1317 [25] в качестве одного из критериев оценки населением эффективности деятельности руководителей органов местного самоуправления (ОМС) вводится показатель "Удовлетворенность населения организацией транспортного обслуживания в муниципальном образовании". В то же время, общеизвестно, что организация ГОТ в России далека от идеала. Так, Концепция организации и развития городского пассажирского транспорта общего пользования города Перми на период 2012–2015 гг. констатирует недовольство как перевозчиков,

так и жителей города, жалующихся на недостаток объема транспортных услуг, в том числе на отсутствие некоторых транспортных связей [24].

Особую актуальность вопрос управления ГОТ приобретает в средних и больших городах (менее 250 тысяч жителей), где количество видов транспорта ограничено, а население привыкло к тому, что перемещение транспортом производится сравнительно быстро и за один переезд (как правило, без пересадок). В подобных городах ОМС, в некотором смысле, "ближе" к населению, более доступны для критики, а с другой стороны, располагают меньшими ресурсами для улучшения ситуации с обслуживанием ГОТ, чем в крупных и крупнейших городах. В России 153 средних (50–100 тысяч населения) и 90 больших (100–250 тысяч населения) городов [11], для которых перечисленные выше проблемы, несомненно, актуальны.

Исследованию городских транспортных потоков уделили много внимания Сильянов В.В., Дрю Д., Капитанов В.Т., Буслаев А.П., Кременец Ю.А., Файзрахманов Р.А., Афанасьев Л.Л., Гудков В.А., Островский Н.Б. и др. В их работах описаны особенности транспортных потоков,

включая ГОТ, с точки зрения объекта управления [27, 13, 16, 20, 5, 1, 12, 30]. Применению математических методов в организации и планировании перевозок посвящены работы Геронимуса В.Л., Кожина А.П., Панова С.А., Тихомирова Е.Ф., Антошвили М.Е., Варелопуло Г.А. [10, 17, 22, 28, 6, 1, 3] и др. Имитационным моделированием, воспроизводящим естественные процессы в ГОТ, плодотворно занимались Корягин М.Е., Семенова О.С., Сериков А.А. [18, 26] и др. Однако в большинстве перечисленных работ во главу угла ставится соответствие между вместительностью подвижного состава и удельным пассажирооборотом, определенным статистическими методами. Потребная вместимость единицы подвижного состава определяется по рекомендациям в зависимости от численности населения, далее рассчитывается интервал ожидания. Выбор вариантов схем городского пассажирского транспорта определяется, фактически, экспертно с последующей проверкой соответствия фактического интервала движения заданному ранее. Часть работ подразумевают оснащение модели ГОТ объемной статистической информацией, не определяя однозначно ее источник.

Комплексное решение задачи улучшения транспортного обслуживания населения средних и больших городов за приемлемое время и с небольшими трудозатратами в рассмотренных работах не представлено. Решение этой задачи в современных условиях осложняется секвестированием бюджетных расходов в соответствии с Посланием Президента РФ Федеральному собранию 4.12.2014 и дальнейшими событиями во внешнеполитической обстановке.

Целью работы является повышение эффективности функционирования ГОТ за счет информационной поддержки, ведущей к повышению качества решений по управлению им.

Научная задача состоит в разработке моделей и методов информационной поддержки решений по управлению ГОТ.

*Для достижения цели поставлены следующие задачи исследования:*

1. Провести анализ работы ГОТ в средних и больших городах, выявить проблемы и факторы, влияющие на работу ГОТ.

2. Разработать комплекс математических и имитационных моделей ГОТ, включая системную (концептуальную) модель, модели возникновения пассажиропотока и его стока, распределения пассажиропотока по маршрутам ГОТ, динамики пассажиров на остановках.

3. Разработать программное обеспечение, реализующее модели, а также усовершенствовать существующее программное обеспечение для составления расписаний движения ГОТ.

4. Произвести внедрение программного средства в центральной диспетчерской службе Администрации г. Березники Пермского края и ООО "Горавтотранс" г. Соликамск Пермского края, выработать рекомендации по улучшению расписаний ГОТ.

Был проведен обзор способов управления ГОТ: проектирования маршрутной сети, определения пассажиропотоков, составления и оптимизации расписания [12]. Выявлены проблемы управления ГОТ, свойственные средним и большим городам России и связанные с их особенностями. Рассмотрены методы исследования проблем ГОТ в средних и больших городах, включая разные способы: измерения пассажиропотока, принятия решений о размещении маршрутной сети в городе, распределения подвижного состава в зависимости от емкости и назначения маршрутов и т.д. [19, 21]

Выявлены противоречивые оценки эффективности функционирования ГОТ с разных точек зрения: органов местного самоуправления ( $U_1$ ), населения ( $U_2$ ), транспортных организаций ( $U_3$ ). Рассмотрены типовые методы свертки многокритериальных задач (линейная свертка, метод главного критерия, метод Парето и др.), их достоинства и недостатки применительно к задаче оценки эффективности ГОТ.

Удовлетворенность ГОТ характеризует возможность добраться с его использованием от одной точки города до другой при наличии потребности в этом. Этот критерий связан с остальными двумя критериями. Невозможность использования ГОТ ведет как к нареканиям со стороны населения в адрес власти, так и к падению доходности транспортных предприятий. Поэтому далее повышением эффективности ГОТ будем считать уменьшение времени перемещения между точками города для большинства населения

$$K = \sum_M (T_{\text{исх}} + T_{\text{ож}} + T_{\text{гот}} + T_{\text{цел}})_m \rightarrow \min \quad (1)$$

где сумма времен перемещения от точки возникновения потребности до исходной остановки, ожидания на остановке, использования ГОТ и перемещения от целевой остановки до конечной точки взята по множеству  $M$  всех пассажиров, у которых возникла потребность в перемещении. Перечень факторов, влияющих на критерий эффективности ГОТ, уточнен, исходя из особенностей средних и больших городов РФ.

Проведен обзор существующих информационных систем и программных средств расчета и оптимизации маршрутных сетей, расписаний ГОТ, транспортных потоков и пр. [1, 31] Показаны их недостатки для малобюджетного решения задачи улучшения транспортного обслуживания населения в средних и больших городах РФ. [32]

Смоделирован критерий эффективности ГОТ в зависимости от выделенных выше факторов, то есть построению комплекса математических и имитационных моделей ГОТ для расчета критерия (1). Моделируется несколько процессов (рис. 1):

1. Появление потенциальных пассажиров (ПП) в жилых домах. Потенциальным пассажиром назовем человека, у которого возникла потребность к перемещению, причем одним из способов ее удовлетворения является использование ГОТ.

а. жилой фонд создает первичный пассажиропоток и сток, пропорциональные количеству людей, проживающих в области, прилегающей к остановке ГОТ; эти потоки зависят от времени;

б. аттракторы создают стоки и вторичные пассажиропотоки, не превышающие сток и порождаемые с задержкой, определяемой типом аттрактора (например, мест работы и магазинов, объектах социального назначения и т.п.). Создание потоков, направленных навстречу первичному (от предприятий, от магазинов и т.п.) является процессами "отражения" и "переотражений" первичного потока.

2. Выбор ПП способа перемещения. В случае выбора ГОТ – выбор исходной остановки ГОТ и движение к ней.

3. Динамика пассажиров на исходной остановке. Не все пассажиры, выбравшие эту остановку, воспользу-

ются ГОТ в случае, если ожидание чересчур долгое: часть откажется от поездки, часть предпочтет другой вид транспорта или пойдет пешком.

4. Уменьшение количества пассажиров на исходной остановке за счет того, что пришел нужный маршрут ГОТ, и они им воспользовались.

Метод системного анализа применен для формализации оценки эффективности ГОТ с различных точек зрения  $U=(U_1, U_2, U_3)$ . В соответствии с природой различных частных критериев и их составляющих  $U_{ij}$ , получены итоговые выражения наподобие

$$U_1 = \alpha_{11} \frac{U_{11}}{\max U_{11}} + \alpha_{12} \frac{U_{12}}{\min U_{12}} + \alpha_{13} \frac{U_{13} - \min U_{13}}{\max U_{13} - \min U_{13}} + \alpha_{14} \frac{U_{32} + k_{14} \cdot \max(U_{22} + U_{24} - \max U_{21}, 0)}{\max U_{14}}$$

где  $\alpha_{ij}$  – весовые коэффициенты составляющих частного критерия. Они включают некоторые компоненты много раз. Время перемещения при помощи ГОТ  $U_{24}$  входит в формулы всех частных критериев, что подтверждает гипотезу (1) об оценке эффективности ГОТ.



Рис. 1. Концептуальная модель управления потоками ГОТ.

Если модель возникновения потребности в перевозках единая для всего города (из-за его сравнительно небольшой величины), то, измерив пассажиропотоки на остановках, где проходит большое количество маршрутов, и есть несколько остановочных пунктов, расположенных вблизи аттракторов, можно распространить результаты на весь город. Измерение на всех остановках города невозможно из-за трудоемкости. Для оценки пассажиропотоков необходимо знать плотность населения и ценность аттракторов, прилегающих к остановке.

Информация о плотности населения (количестве людей, проживающих в домах), неизвестна, так как ни один из государственных инструментов (регистрация в т.ч.) не дает точного ответа на этот вопрос [6]. Однако она, вероятно, пропорциональна площади жилых помещений, которая легко определяется по общеизвестным сериям домов. [14]

Учтены аттракторы двух типов (предприятия – места работы и магазины). Измерение пассажиропотоков на узловых остановках в часы пиковых нагрузок рабочих и выходных дней произведено в 2013 году в г. Березники.

Дискретизация города с равными шагами по долготе (X) и широте (Y) произведена так, чтобы в каждом элементе было не более одной остановки ГОТ ("А") (рис. 2). При этом один элемент может содержать несколько домов, это не принципиально.

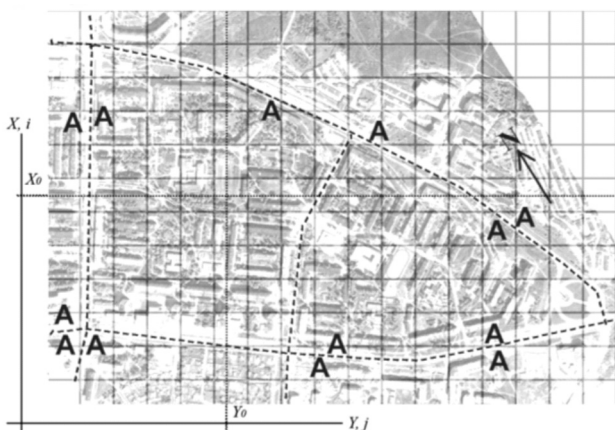


Рис. 2. Пример дискретизации расчетной области.

Координатам всех 1479 домов на карте г. Березники сопоставлены сведения о площади квартир в них, в сумме равной 2999259 м<sup>2</sup>. Ее отношение к известной численности населения города (~141000 человек) дает среднюю обеспеченность жилой площадью – 21,3 м<sup>2</sup>/чел., что близко к статистическим данным. Создано специальное программное обеспечение и, путем вычислительного эксперимента, определен шаг дискретизации карты (ΔX = ΔY = 260 м) и количество жителей в каждом элементе.

Разная "пассажирская емкость организаций и предприятий, торговых и социальных объектов определяет максимальную интенсивность прибытия пассажиров

$$\zeta(x_i, y_j, t) \equiv \zeta_{ij}(t)$$

в дискрет в единицу времени. В целом, за промежуток времени Δt количество пассажиров, прибывших с помощью ГОТ на остановки, равно

$$I_1 = \iint_{x,y} \int_t^{t+\Delta t} \zeta(x, y, t) dx dy dt \approx \Delta t \sum_i \sum_j \zeta_{ij}(t) \quad (2)$$

Первичный пассажиропоток, который может произвести жилой фонд, не превышает общей\* численности населения M<sub>ij</sub>.

\* За исключением людей, не пользующихся ГОТ совсем - будем считать, что их доля одна и та же во всем городе.

Для ij-го элемента потребность в перемещении в момент времени t равна

$$\psi_{ij}(t) = \psi_{ij}^*(t) \cdot M_{ij}$$

где ψ<sub>ij</sub><sup>\*</sup> удельная потребность в перемещении жителей ij-го элемента карты.

Если разные жители (рабочие, учащиеся, пенсионеры и т.п.) расселены по городу равномерно, то

$$\psi_{ij}^*(t) \equiv \psi^*(t) \forall i, j$$

В случае, когда в большом городе один район существенно отличается от другого ("спальный", "торговый", "офисный" и т.п.), для него придется вводить в рассмотрение свои потребности в перемещении. Следовательно, первичный общегородской поток ПП, порождаемый за t...t+Δt, равен

$$I_2 = \psi^*(t) \cdot \Delta t \sum_i \sum_j M_{ij} \Rightarrow \psi^*(t) \cdot \Delta t \cdot M \quad (3)$$

где M – общая численность пассажиров ГОТ в городе.

Добавив к уравнению (3) первые "отражения" исходного потока пассажиров (возвращения с работы, из магазина, из театра), получим

$$\psi_{ij}(t) = \psi^*(t) \cdot M_{ij} + \varphi_{ij}(t) \quad (4)$$

$$I_2 = \left( \psi^*(t) \cdot M + \sum_i \sum_j \varphi_{ij}(t) \right) \cdot \Delta t \quad (5)$$

Обозначим через T<sub>ij<sup>km</sup></sub> время перемещения пассажира от ij-го элемента карты к km-му при помощи ГОТ с учетом времени, потребного, чтобы дойти до остановки отправления и от остановки прибытия. Тогда для каждой пары элементов ij и km справедливо уравнение сохранения пассажиров I<sub>1</sub>=I<sub>2</sub> или

$$\psi^*(t) \cdot M_{ij} + \varphi_{ij}(t) = \zeta_{km}(t + T_{ij}^{km}) \quad (6)$$

а в целом для города

$$\sum_i \sum_j (\psi^*(t) \cdot M_{ij} + \varphi_{ij}(t)) = \sum_k \sum_m \zeta_{km}(t + T_{ij}^{km}) \quad (7)$$

где  $\varphi_{ij}(t) = \zeta_{ij}(t - \Delta T_{ij})$  вторичная потребность в перемещении для  $ij$ -го элемента,  $\Delta T_{ij}$  – задержка первичного пассажиропотока в аттракторе (или сумме однотипных аттракторов)  $ij$ -го элемента,  $T_{ij}^n$  – время перемещения пассажира от  $ij$ -го элемента карты к  $km$ -му при помощи ГОТ с учетом времени, потребного чтобы пройти до исходной остановки и от целевой остановки,  $t$  – время начала перемещения между остановками.

Уравнение (7) замыкает консервативную систему потребностей горожан в перевозках с учетом сравнительной ценности остановок, показывающих предпочтение ПП одних остановок другим с учетом дня недели (рабочий, выходной) и времени дня.

Будем считать возможным использование ГОТ, если суммарное время перемещения от  $ij$ -го элемента карты до одной из остановок множества  $A^{ij}$  и ожидания нужного маршрута транспорта на этой остановке не превышает некоторой наперед заданной величины  $T_{max}$ , по достижении которой ПП отказывается от использования ГОТ:

$$T_{ij}^n + T_{(km)}^n \leq T_{max} : n \in A^{ij}$$

где  $T_{ij}^n$  – время перемещения пешком от  $ij$ -го элемента карты до  $A_n$ -й остановки, а  $T_{(km)}^n$  – время ожидания на  $A_n$ -й остановке транспорта в сторону  $km$ -го элемента. Тогда в предыдущей формуле получим

$$T_{ij}^{km} = T_{ij}^n + T_{(km)}^n + t_n^l + T_{km}^l \quad (8)$$

где  $t_n^l$  – время перемещения на ГОТ от  $A_n$ -й до  $A_i$ -й остановки, причем  $\{k, m\} \subset A_i$  (рис. 3), где  $\subset$  – обозначение принадлежности точки к зоне притяжения остановки.

Принято, что пассажиропоток с остановки и на остановку зависит от ее суммарной ценности и проживающего в ее зоне притяжения населения

$$S_{вх, исх} = f \cdot \delta_f \cdot K_f + r \cdot \delta_r + p \cdot \delta_p \cdot K_p \quad (9)$$

где  $r$  – количество рабочих мест (чел.),  $f$  – количество аттракторов,  $p$  – население (чел.),  $\delta_f, \delta_r$  и  $\delta_p$  – признаки, участвуют ли рабочие места, аттракторы и население в формировании потоков (исходящего или входящего) в данный интервал времени,  $K_f$  (чел./ед.) и  $K_p$  – неизвестные нормирующие коэффициенты, позволяющие уравновешивать ценность аттрактора и населения с ценностью рабочего места, причем  $\delta_i = \delta_i(\Delta t)$  и  $K_i = K_i(\Delta t)$ , где  $\Delta t$  – интервал времени измерения пассажиропотока (7–9 часов, 12–14 часов, 17–19 часов). Для исключения трудоемких подсчетов рабочих мест и аттракторов оценили экспертно ценность остановок

$$S = a_0 + \sum_{i=0} \sum_{j=0} a_{ij} r^i f^j \approx f \cdot K_f + r$$

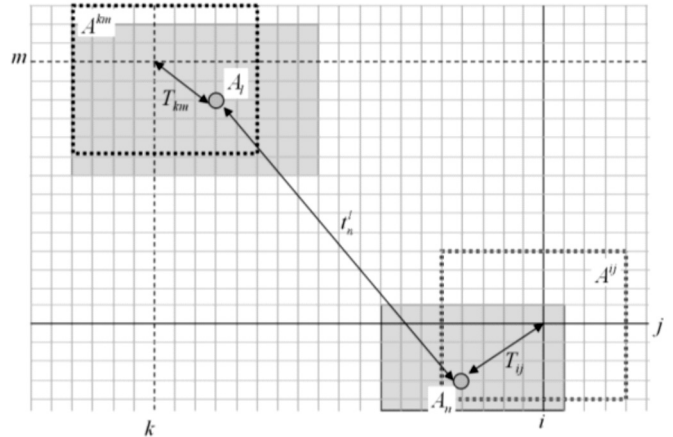


Рис. 3. Времена перемещения.

После поиска коэффициентов  $\langle a_0, a_{ij} \rangle$  получили возможность расчета  $f \cdot K_f + r$  для любой остановки с погрешностью  $\pm 26.2\%$  и использовали их в (9). Коэффициенты  $K_f$  и  $K_p$  найдены минимизацией отношений

$$\frac{N_{исх}}{S_{исх}} \text{ и } \frac{N_{вх}}{S_{вх}}$$

для трех остановок (табл.), определена средняя погрешность коэффициента входного потока

$$\varepsilon_{вх}^i(\Delta t) = \sum_i \left( \frac{\bar{K}_{вх}(\Delta t) - K_{вх}^i(\Delta t)}{\bar{K}_{вх}(\Delta t)} \right)^2$$

и, аналогично, для исходящего потока.

Следовательно, с погрешностью, не превышающей  $\pm 22.3\%$  результаты измерений могут быть распространены на все остановки города.

Следующей задачей является расчет распределения входящего пассажиропотока между маршрутами [8]. Метод расчета построен на примере (рис. 4) для потоков с остановки 0 до остановки H.

Приняты следующие допущения:

1. через остановку 0 проходит  $M$  маршрутов, известных пассажирам (в примере  $M = 2$  для простоты);
2. из-за разветвлений и слияний графа остановок существуют пассажиры, которым нужен только определенный маршрут, которые могут уехать на двух маршрутах и т.д. до  $M$  маршрутов в общем случае. Всего получается  $N = 2^M - 1$  потоков пассажиров, например, для  $M = 2$  получим  $\{\{1\}, \{2\}, \{1, 2\}\}$   $N = 3$ , для  $M = 3$  получим  $\{\{1\}, \{2\}, \{3\}, \{1, 2\}, \{1, 3\}, \{2, 3\}, \{1, 2, 3\}\}$   $N = 7$  вариантов, для  $M = 4$  получим  $N = 15$  и т.д.

Остановки D и B порождают первичные пассажиро-

Таблица

Коэффициенты входящего и исходящего потока и их погрешности.

Остановка	Интервал времени		
	7-9	12-14	17-19
$\bar{K}_{\text{вх}}(\Delta t)$	0,31033	0,01992	0,03981
$\bar{K}_{\text{исх}}(\Delta t)$	0,13835	0,01961	0,03058
$\bar{\varepsilon}_{\text{вх}}(\Delta t) = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \varepsilon_{\text{вх}}^i(\Delta t)$	2,6%	11,0%	8,2%
$\bar{\varepsilon}_{\text{исх}}(\Delta t) = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \varepsilon_{\text{исх}}^i(\Delta t)$	22,3%	19,4%	20,7%

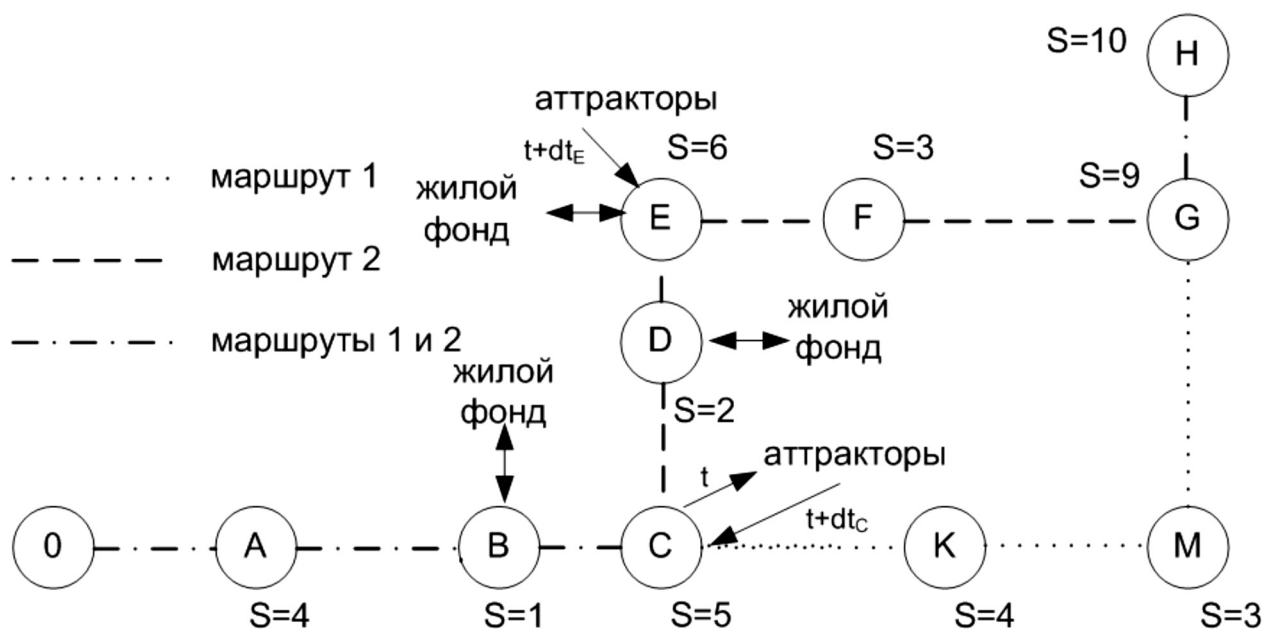


Рис. 4. Пример маршрутной сети для определения ценности маршрутов.

токи и являются стоками только за счет жилого фонда, остановка C не является точкой притяжения ни для какого жилого фонда (например, крупный торговый комплекс), точка E совмещает потоки обоих видов. Распределение ПП по маршрутам определяется маршрутной сетью и максимальным возможным стоком пассажиров в областях, прилегающих ко всем остановкам.

Этот максимальный сток суммы первичных и вторичных пассажиропотоков определяет безразмерные ценности остановок  $S_i = \sum_{k,m} \zeta_{km}$ , равные сумме ценностей всех прилегающих аттракторов остановки  $A_i \supset \{k, m\}$ .

Отношение  $S_i/S_j$  пропорционально отношению количества ПП, которые собираются использовать ГОТ для перемещения до  $i$ -й и  $j$ -й остановок соответственно. На практике сток определяется из уравнения сохранения пассажиров (7), коэффициенты которого уточнены выше единичными замерами на наименее определенных в смысле аттракторов остановках (например, остановке C).

Пусть  
 1-й маршрут проходит по остановкам 0ABCGHKM,  
 2-й – по 0ABCDEFGH.

Вероятность, что ПП планирует воспользоваться

только 1-м маршрутом (и никаким другим), пропорциональна  $p_1 = k \cdot (S_K + S_M)$

(так как  $K$  и  $M$  – остановки, до которых можно добраться только 1-м маршрутом), 2-м –  $p_2 = k \cdot (S_D + S_E + S_F)$ , вероятность использования хоть 1-го, хоть 2-го маршрута  $p_{12} = k \cdot (S_A + S_B + S_C + S_G + S_H)$ .

Нормирующий множитель  $k$  вычисляется из очевидного условия  $p_1 + p_2 + p_{12} = 1$ . Для графа на рис. 4 получим  $p_1 = 7/47$ ,  $p_2 = 11/47$  и  $p_{12} = 29/47$ .

Определение потребного количества оборотов на маршруте возможно из очевидного соотношения

$$R_i = R_0 \frac{p_i}{\sum_i p_i} \quad (9)$$

где  $R_0$  – доступный (или, при первичном создании маршрутной сети, необходимый) подвижной состав, выраженный в максимально возможном количестве оборотов за тот промежуток времени, когда ценности остановок допускаются неизменными. Однако в (9) необходимо избавиться от вероятностей безразличного использования нескольких маршрутов  $p_{ij}$ , приведя их к вероятностям конкретных маршрутов  $p_i$ .

ПП, которым безразлично, использовать 1-й или 2-й маршрут, в конечном итоге, будут распределены по всем остановкам этих маршрутов. Основываясь на этом, можно разделить вероятности  $p_{12}$  между  $p_1$  и  $p_2$ . В сознании ПП "ценность маршрута" представлена суммой ценностей всех остановок, через которые он проходит. Даже если он сейчас планирует использовать 1-й маршрут для проезда до остановки  $H$ , куда можно добраться также и 2-м маршрутом, в другие дни или поездки он может добираться до других остановок. Поэтому разделение безразличной вероятности произведем с учетом ценности маршрутов, то есть суммы ценности всех остановок, через которые маршрут проходит:

$$S_1 = S_A + S_B + S_C + S_G + S_H + S_K + S_M \text{ и} \\ S_2 = S_A + S_B + S_C + S_D + S_E + S_F + S_G + S_H.$$

Тогда дополнительную вероятность использования каждого маршрута можно рассчитать как

$$\Delta p_i = p_{ij} \frac{S_i}{S_i + S_j} \quad \text{и,}$$

и, окончательно,

$$p_i^* = p_i + \Delta p_i \text{ и } R_i = R_0 \frac{p_i^*}{\sum_i p_i^*} \quad (10)$$

Для нашего примера

$$\Delta p_1 = p_{12} \frac{S_1}{S_1 + S_2} = \frac{29}{47} \cdot \frac{36}{76} \approx 0.29 \\ \text{и } \Delta p_2 \approx 0.33;$$

$$p_1^* = \frac{7}{47} + 0.29 \approx 0.44,$$

$$p_2^* = \frac{11}{47} + 0.33 \approx 0.56.$$

Далее для оснащения разработанного выше комплекса моделей возникновения и перевозки пассажиропотоков необходимо создать частные модели источников и стоков одной остановки в различных условиях, чтобы определить неизвестные параметры путем вычислительного эксперимента, а также модель оборотов ГОТ по годовому расписанию.

Разработан комплекс имитационных моделей ГОТ. Исследовано уменьшение пассажиропотоков за счет отказа от использования ГОТ. Путем расчетов, приведенных в диссертации, определено время ожидания до отказа (для самого "нетерпеливого" пассажира)  $T^* = 24 \pm 16$  мин.

Метод расчета создан на примере модели динамики количества пассажиров на остановке  $A_n$  (с пассажиропотоком  $\lambda^n(t)$ , определенным выше) в простейшем случае, когда от нее до  $A_l$  идет единственный маршрут ГОТ. Остановка рассматривается как система массового обслуживания с пассажиропотоком  $\lambda^n(t) \equiv \lambda^n$ . Интервал времени между прибытием на остановку каждого следующего пассажира

$$T = \frac{1}{\lambda^n} \pm \Delta T$$

Время ожидания на остановке (величина обратная интенсивности ГОТ  $\Lambda^n$ ) равно

$$t = \bar{t} \pm \Delta t$$

Модель реализована в среде GPSS. Задались значениями переменных, соответствующими результатам замеров:

$$\frac{1}{\lambda^n} = 0,2, \quad \bar{t} = 12, \quad \Delta T = 0,1 \cdot \frac{1}{\lambda^n}, \quad \Delta t = 0,5 \cdot \bar{t}.$$

В результате получили, что за час (60\*100 минут) на остановку пришло 301 человек, ушло 2 человека, и трижды приходил транспорт.

По индукции расширим метод на граф узловых остановок (рис. 5), соответствующий западной части г. Березники Пермского края.

Пусть по сети проходят маршруты 1-й {OABCD, микроавтобусы 13 мест}, 2-й {OAECD, автобусы 100 мест} и 3-й {OAEF, автобусы 100 мест}.

Зададимся суммарной интенсивностью потоков

$$\text{пассажиrow } \Lambda = \lambda = \frac{1}{5} \text{ c}^{-1},$$

свойственной для остановки "ЦУМ" ("0" на рис. 5) в вечерние часы пик.

Если сравнительная ценность всех остановок одинакова, то  $p_1=p_3=p_{23}=p_{123}=k$ ,  $p_{12}=2 \cdot k$ ,  $p_2=p_{13}=0$  и  $p_1+p_3+p_{23}+p_{123}+p_{12}=6 \cdot k$ , откуда  $p_1=p_3=p_{23}=p_{123}=1/6$ , и  $p_{12}=1/3$ .

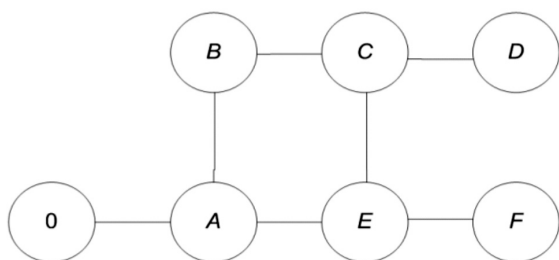


Рис. 5. Граф узловых остановок для примера многопоточковой остановки.

Оценим требуемые пропускные способности маршрутов. 1-й и 2-й маршруты проходят через 4 из 6 имеющихся остановок, 3-й – через 3 из 6. При полной заполняемости подвижного состава получим, используя (10), требуемую интенсивность 1-го маршрута

$$\Lambda_1 = \frac{4}{6} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{13} \approx \frac{1}{98} \text{ с}^{-1} \left( \text{примерно } \frac{1}{1,6} \text{ мин}^{-1} \right),$$

2-го маршрута

$$\Lambda_2 = \frac{4}{6} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{100} = \frac{1}{750} \text{ с}^{-1} \left( \frac{1}{12,5} \text{ мин}^{-1} \right),$$

и 3-го маршрута

$$\Lambda_3 = \frac{3}{6} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{100} = \frac{1}{1000} \text{ с}^{-1} \left( \text{примерно } \frac{1}{17} \text{ мин}^{-1} \right).$$

Примем требуемые интенсивности в качестве фактических.

На GPSS написана модель остановки с 3-мя маршрутами ГОТ [7]. Параметрам поступающих транзактов (пассажирам)  $P_1$ ,  $P_2$  или  $P_3$  присваивается 1, если пассажир готов уехать соответственно 1-м, 2-м или 3-м маршрутами.

Затем из общего накопителя (остановки) выбирают по одному не более 13 (для 1-го маршрута) или 100 (для 2-го и 3-го маршрутов) транзактов – пассажиров, "согласных" воспользоваться этим маршрутом.

Выборка пассажиров с остановки осуществляется по одному человеку, поэтому в программе предусмотрены циклы выборки (LOOP) для каждого потока транспорта:

```
M_TRAN12 TEST G $$OST,0,M_TRAN13
LEAVE OST
SAVEVALUE 1-,1
LOOP 5,M_TRAN12;
выход потока транспорта # 1 из системы
M_TRAN13 TERMINATE
```

Транзакты этого фрагмента программы моделируют поток транспорта 1-го маршрута. Аналогичные фрагменты в программе есть для 2-го и 3-го маршрутов. В результате работы программы получили следующий график зависимости количества пассажиров на остановке от времени (рис. 6).

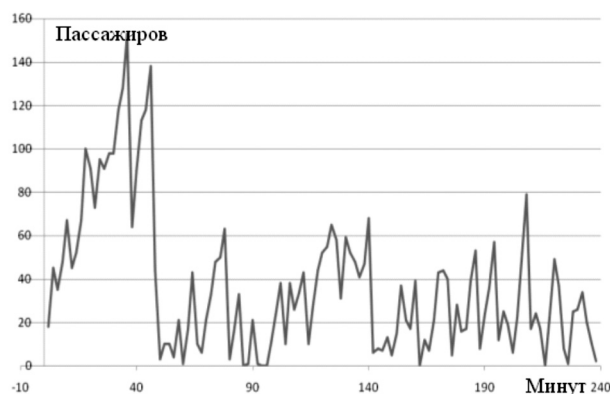


Рис. 6. Тренд начального периода времени работы остановки.

На начальном этапе, пока движение транспорта не установилось, имеется "пик" количества ожидающих. Затем количество ожидающих на остановке пассажиров начинает колебаться примерно в пределах  $30 \pm 30$ , что соответствует результатам наблюдений. За время моделирования 31 (1,1%) пассажир не дождался транспорта, в том числе – 21 пассажир, готовый уехать на 1-м маршруте, 25 – на 2-м и 13 на 3-м (поскольку есть пассажиры, готовые ехать на нескольких маршрутах, сумма не совпадает с 31).

Исследована зависимость количества отказавшихся от поездки пассажиров от их "нетерпимости", то есть времени, по истечении которого пассажир отказывается от поездки. Изменяя время "нетерпимости" от 1000 до 1800 секунд, получили следующий график (рис. 7).

Неудовлетворенный спрос ПП на использование ГОТ имеет нелинейный характер и при медиане предельного времени ожидания менее 1050 с (17,5 минут) резко возрастает. Определение зависимости точки резкого возрастания неудовлетворенного спроса на перевозки от остальных параметров модели позволяет выяснить те минимальные интенсивности потоков ГОТ, при которых в целом граждане остаются удовлетворены его работой, то есть не наблюдается массового отказа от использования ГОТ.



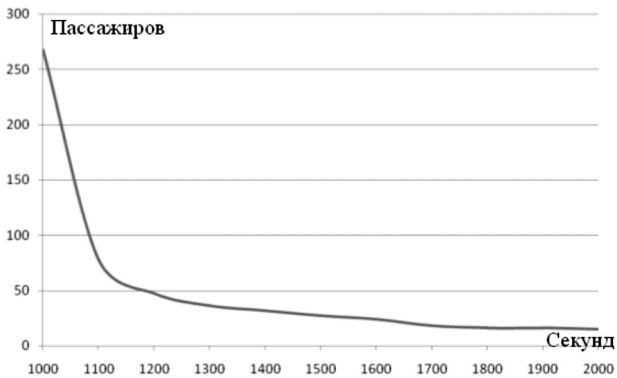


Рис. 7. Зависимость количества отказавшихся от поездки в течение 6 часов пассажиров от максимального времени ожидания.

Далее при принятом предельном времени ожидания 17 минут определена доля пассажиров, отказавшихся от поездки на остановке. В условиях г. Березники это оказалось  $\varepsilon = 1,1\%$  общего количества ПП, то есть пренебрежимо малая величина [9]. Однако при применении описываемой методики в других городах эта величина подлежит оценке, так как при заметных значениях она должна быть исключена из уравнения сохранения пассажиров (7)

$$\sum_i \sum_j ((\psi^*(t) - \varepsilon) \cdot M_{ij} + \varphi_{ij}(t)) = \sum_k \sum_m \zeta_{km} (t + T_{ij}^{km}) \quad (7A)$$

Была модифицирована информационная система (ИС) "СОРОТ" [15] расчета расписаний ГОТ с учетом полученных результатов. ИС разработана в среде Borland Delphi с использованием компонента доступа к данным ADO. Исходными данными и, одновременно, свободными переменными для программы являются маршрутная сеть, количество оборотов на маршрутах, время выхода и возврата в парк, время нулевого и конечного рейса, времена разворотов, перерывов и обеда и т.д. Ручной подбор этих параметров на основе опыта составителя позволяет добиться повышения эффективности (равномерности движения транспорта, уменьшения одновременных прибытий на остановки, уменьшения времени перемещения между остановками и других критериев). Исходная информация для составления расписаний ГОТ определяет информационную модель системы (рис. 8).

В существующем варианте расписание формировалось по 24 "узловым" остановкам, остальные считались несущественными. Использование эксперта-составителя в обратной связи ИС позволяет добиться существенного ускорения составления расписания. До внедрения информационной системы "СОРОТ" в МУП "Троллейбусное управление" г. Березники составление расписания расчетно-графическим методом занимало время от нескольких недель (в случае корректировки существующего варианта) до нескольких месяцев. К изменению расписания прибегали только в исключительных случаях, так как оперативность системы не позволяла удовлетворять быстро меняющимся требованиям заказчиков измене-

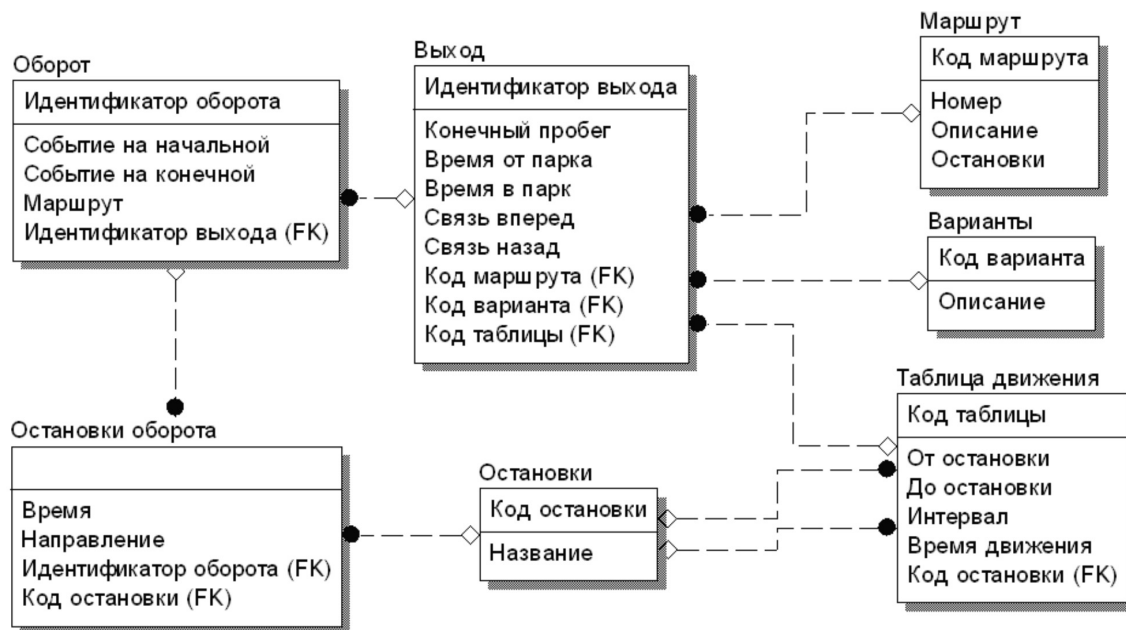


Рис. 8. Информационная модель ИС управления движением.

ний. После внедрения ИС время, потребное на корректировку расписания и оформление сопутствующей документации, стало измеряться часами.

*Модификация ИС заключалась в:*

1. Вводе всех 107 остановок города, а не только узловых, уточнении времен перемещения между всеми остановками.

2. Дополнении времен перемещения между остановками временами перемещения через зону их притяжения, то есть времени перемещения от  $km$ -го элемента к остановке

$$A \supset \{k, m\}$$

(использованы среднемедианные значения зон притяжения).

3. Изменении критерия с на (1).

$$K_{1''} = \sum_i \sum_j T_{ij} \rightarrow \min$$

Далее произведено улучшение расписаний (летнего рабочего и летнего выходного) в интерактивном режиме. За несколько часов работы с модифицированной ИС удалось улучшить выбранный критерий эффективности ГОТ на 12,2% для летнего рабочего и 9,8% для летнего выходного расписания.

Моделирование последствий управленческих решений дает возможность улучшить работу ГОТ и, таким образом, достичь решения задач повышения его эффективности с разных точек зрения, приведенных к удовлетворенности населения транспортным обслуживанием.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированная пассажирская автотранспортная система компании "Вертикаль" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.upgvert.ru/apas/apas.php>.
2. Антошвили М.Е., Варелопуло Г.А., Хрущёв М.В. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ. М.: Транспорт, 1974. 103 с.
3. Антошвили М.Е., Либерман С.Ю., Спирин И.В. Оптимизация городских автобусных перевозок. М.: Транспорт, 1985. 102 с.
4. Афанасьев Л.Л. и др. Единая транспортная система и автомобильные перевозки: Учебник для студентов вузов / Л. Афанасьев, Н. Б. Островский, С. М. Цукерберг. М.: Транспорт, 1984. 333 с.
5. Буслаев А.П. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения. М.: Мир, 2003. 268 с.
6. Варелопуло Г. А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте. М.: Транспорт, 1990. 208 с.
7. Володина Ю.И., Затонский А.В. Имитационная балансовая модель остановки городского общественного транспорта // Грузовое и пассажирское автохозяйство, 2013. № 12. С. 70–77.
8. Володина Ю.И. Определение потребного количества оборотов маршрутов городского общественного транспорта на основе анализа графа остановок // Экономический журнал, 2015, №2 (38). С.72–87.
9. Володина Ю.И. Стохастическая модель многопотоковой остановки городского общественного транспорта // Новый университет, 2014. № 7–8. С.32–37.
10. Геронимус Б.Л. Экономико–математические методы в планировании на автомобильном транспорте. М.: Транспорт, 1982. 192 с.
11. Города России [Электронный ресурс] – режим доступа: [ru.wikipedia.org/wiki/Города\\_России](http://ru.wikipedia.org/wiki/Города_России)
12. Гудков В.А., Миротин Л.Б. Пассажирские автомобильные перевозки. М.: Горячая линия–Телеком, 2006. 448 с.
13. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. М.: Транспорт, 1972. 424 с.
14. Затонский А.В., Антонова А.М. Эффективность и критерии оптимальности движения общественного транспорта // XIX Международная научная конференция. "Математические методы в технике и технологиях" ММТТ–19. Сб. трудов. Том 7. Секция 7.– Воронеж. Воронеж. Гос. Технол. Акад., 2006. С.143–145.
15. Затонский А.В., Вогулякова А.Е. Информационная система составления расписания общественного транспорта COPOT Silver. Свидетельство о государственной регистрации в "Национальном информационном фонде неопубликованных документов" разработки, предъявленной в отраслевой фонд алгоритмов и программ № 50200800322 от 12 февраля 2008 г.
16. Капитанов В.Т., Хилажев Е.Б. Управление транспортными потоками в городах. М.: Транспорт, 1985. 94 с.
17. Кожин А.П., Мезенцев В.Н. Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками. М.: Транспорт, 1994. 304 с.
18. Корягин М.Е. Теоретические аспекты оптимизации управления движением городского транспорта // Вестник КузГТУ, 2012, №1. С.125–131.
19. Кочегурова Е.А., Мартынов Я.А., Мартынова Ю.А., Фадеев А.С. Получение матрицы пассажирских корреспонденций на основе данных электронных карт // Системы управления и информационные технологии. – 2013. – №4 (54).
20. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения. Москва, ИКЦ "Академкнига", 2005. 279 с.
21. Мартынова Ю.А. Анализ опыта проектирования рациональных маршрутных сетей городского пассажирского транспорта // Интернет–журнал "Науковедение". – 2014. – № 2.
22. Панов С. А., Поляк А. М., Поносов Ю. К. Управление грузовыми автомобильными перевозками (Основы анализа). М.: Транспорт, 1979. 127 с.
23. Постановление № 880 от 05.06.2013 главы Администрации г. Березники Пермского края "О внесении изменений в постановление администрации города

- от 24.12.2012 № 2004 "Об утверждении административного регламента предоставления управлением городского хозяйства администрации города муниципальной услуги "Согласование открытия новых муниципальных автобусных маршрутов, утверждение паспортов муниципальных автобусных маршрутов".
24. Постановление Администрации г. Пермь от 18 октября 2013 г. N 882 "Концепция организации и развития городского пассажирского транспорта общего пользования города Перми на период 2012 – 2015 гг."
25. Постановление Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2012 г. № 1317 "О мерах по реализации Указа Президента Российской Федерации от 28 апреля 2008 г. № 607 "Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов" и подпункта "и" пункта 2 Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 601 "Об основных направлениях совершенствования системы государственного управления".
26. Семенова О.С., Корягин М.Е. Оптимизация потоков общественного транспорта в городской среде // Вопросы современной науки и практики, 2008. № 1(11). С.70–78.
27. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. М.: Транспорт, 1977. 303 с.
28. Тихомиров Е.Ф. Финансовые методы управления в транспортно-дорожном комплексе. М.: МАДИ (ТУ), 1997. 86 с.
29. Указ Президента Российской Федерации от 28 апреля 2008 года № 607 "Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов"
30. Файзрахманов Р.А., Мовчан В.П. Моделирование состояния транспортного потока – как объекта управления // Стратегия развития регионов: теория и практика, материалы международной науч. практ. конф-и, ч. 2. Пермь: Высшая школа экономики, 1998.
31. New release: PTV VISUM 14 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-visum>.
32. Safety network screening for municipalities with incomplete traffic volume data. Peter Y. Park, Rajib Sahaji // Accident Analysis and Prevention 50 (2013) p. 1062–1072

© Ю.И. Володина, ( julia\_volodina@mail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,

# 24-27 мая

## Уфа-2016






# Газ. Нефть. Технологии

## XXIV международная выставка

Место проведения  
**ВДНХ ЭКСПО**  
ул. Менделеева, 158



#ГАЗНЕФЬТЕХНОЛОГИИ #БВК  
[www.gntexpo.ru](http://www.gntexpo.ru)



**БВК** БАШКИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ

(347) 246 41 77, 246 41 93  
e-mail: [gasoil@bvkexpo.ru](mailto:gasoil@bvkexpo.ru)

## РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ЗАПОЛНЕНИЯ И РАЗГРУЗКИ УСРЕДНИТЕЛЬНОГО СКЛАДА РУДЫ

### IMPLEMENTATION OF ORE BLENDING STORE FILLING MODEL

*A. Grigalashvili*

#### Annotation

The software package is describing that implements a mathematical model and control algorithm of two-component material store, providing an blending of its members by filling and discharge at predetermined points, selected in accordance with the statistical properties of the material flow.

**Keywords:** ore blending, store, modeling, control algorithms, software.

*Григалашвили Алёна Сергеевна*

*Ассистент каф. автоматизации  
технологических процессов, Березниковский  
филиал ФГБОУ ВПО "Пермский  
национальный исследовательский  
политехнический университет"*

#### Аннотация

Описывается программный комплекс, реализующий математическую модель и алгоритм управления складом двухкомпонентного материала, обеспечивающий усреднение его состава за счет заполнения и разгрузки в заданных точках, выбираемых с учетом статистических свойств потока материала.

#### Ключевые слова:

Усреднение руды, склад, моделирование, алгоритмы управления, программное обеспечение.

**В** разрабатываемом ОАО МХК "Еврохим" месторождении калийной руды в г. Усолье ожидается высокое содержание в руде нерастворимого остатка. Предполагается, что содержание нерастворимого остатка и полезного компонента – хлористого калия, может меняться двумя типами распределения: линейным и нелинейным, например, распределение Пуассона.

Проведено исследование ресурсов управления с целью повышения качества усреднения руды на складе калийного предприятия за счет управления её рассыпкой и выемкой в зависимости от состава. В ходе работы разработана математическая модель заполнения и разгрузки склада в заданных точках на основе метода гидродинамики сглаженных частиц SPH, включающая процессы пересыпания [1].

Моделирование сводится к расчету взаимодействий частиц путем решения систем дифференциальных уравнений для каждой частицы. То есть каждая частица в некоторой степени "заимствует" физические характеристики у своих ближайших соседей, что позволяет моделировать не только заполнение ими склад, но и осыпание частиц после выемки грейфером.

Также разработан алгоритм управления складом двухкомпонентного материала, обеспечивающего усреднение его состава за счет заполнения и разгрузки в заданных точках, выбираемых с учетом статистических

свойств потока материала [2].

Для реализации модели склада и процессов его заполнения и разгрузки усреднительного склада руды предложена следующая схема программного комплекса (рис. 1).

Блоки "Генератор состава НО" и "Генератор состава КС", или генераторы случайных чисел (ГСЧ), представляют собой два независимых приложения, которые имитируют оборудование, определяющее состав руды на входе. Оба приложения заносят данные в соответствующие для каждого модуля файлы с расширением \*.dat. Каждое приложение предлагает пользователю определить способ распределения содержания руды: линейное или нелинейное (Пуассона), установить диапазон содержания соответствующей компоненты в процентах. Кнопка "Запустить" активирует процесс генерации чисел, "Стоп" – останавливает его.

Таблица позволяет отследить весь процесс генерации случайных чисел.

Блоки "Генератор состава НО" и "Генератор состава КС", или генераторы случайных чисел (ГСЧ), представляют собой два независимых приложения, которые имитируют оборудование, определяющее состав руды на входе. Оба приложения заносят данные в соответствующие для каждого модуля файлы с расширением \*.dat. Каждое

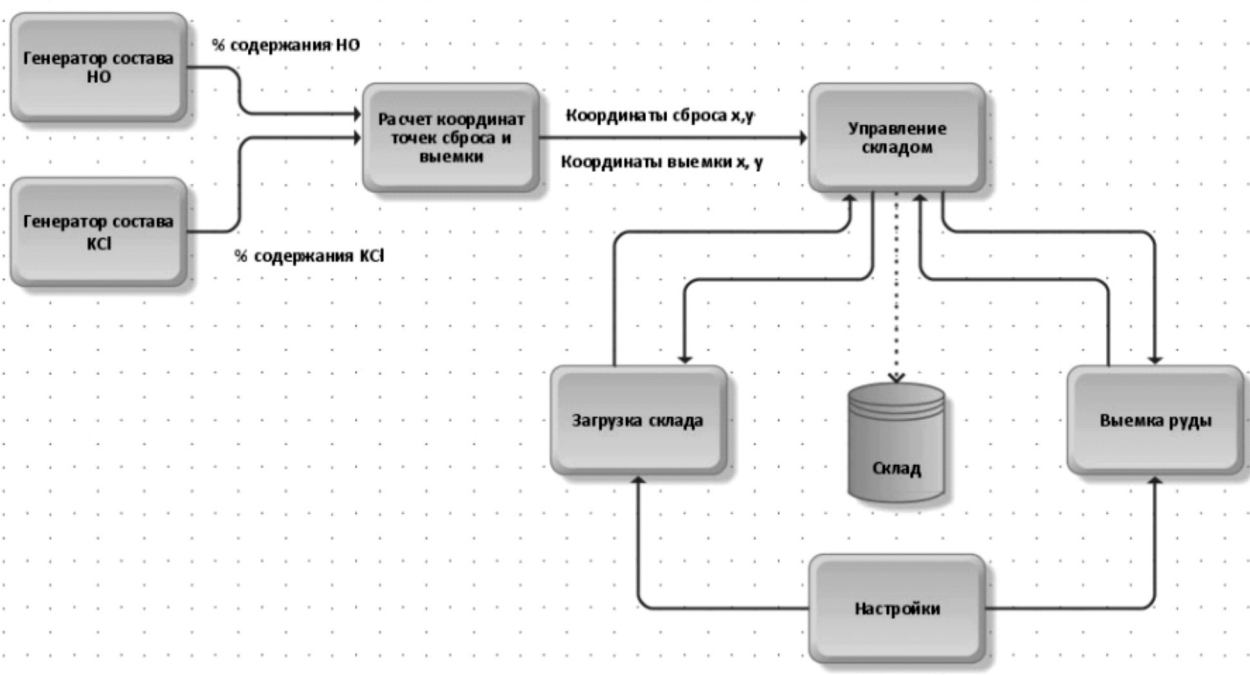


Рисунок 1.

приложение предлагает пользователю определить способ распределения содержания руды: линейное или нелинейное (Пуассона), установить диапазон содержания соответствующей компоненты в процентах. Кнопка "Запустить" активирует процесс генерации чисел, "Стоп" – останавливает его. Таблица позволяет отследить весь процесс генерации случайных чисел.

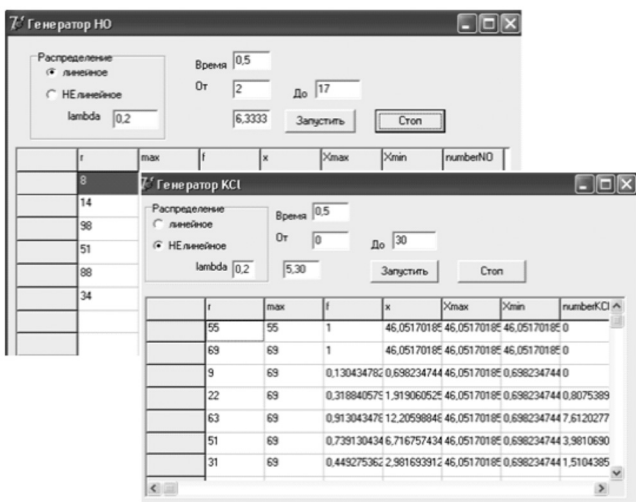


Рисунок 2. Генераторы значений состава руды.

Блок "Расчет координат точек сброса и выемки" производит вычисление координат точки склада, куда необ-

ходимо перейти соплу в зависимости от значений, полученных в результате работы двух ГСЧ из текстовых файлов (рис. 3.). Здесь же производится вычисление координат точки выборки руды грейфером. Рассчитанные координаты приложение записывает в текстовый файл, которые в свою очередь передаются приложению "Управление складом".

Принцип работы программы следующий:

1. Прием данных о содержании в руде NO и KCl. Данные отображаются в таблице слева в соответствующих столбцах.
2. Диапазон значений каждого элемента разбивается на карманы значений (формируется массив), количество которых указывает пользователь. Полученное значение о содержании компонента определяется, в какой карман значений оно попадает. По мере поступления формируется массив данных, элементы которого представляют собой счетчики – частота попадания компонента в тот или иной карман. Третий массив чисел – интегральный процент.
3. Формируются графики распределения. Левый – распределение NO, правый – хлористый калий.
4. Вычисляются координаты точки сброса руды – процент частоты кармана, в который сейчас попадает значение компонента: NO – координата X, KCl – координата Y.
5. Вычисляются координаты точки выбора руды грейфером – процент частоты кармана, в который сейчас

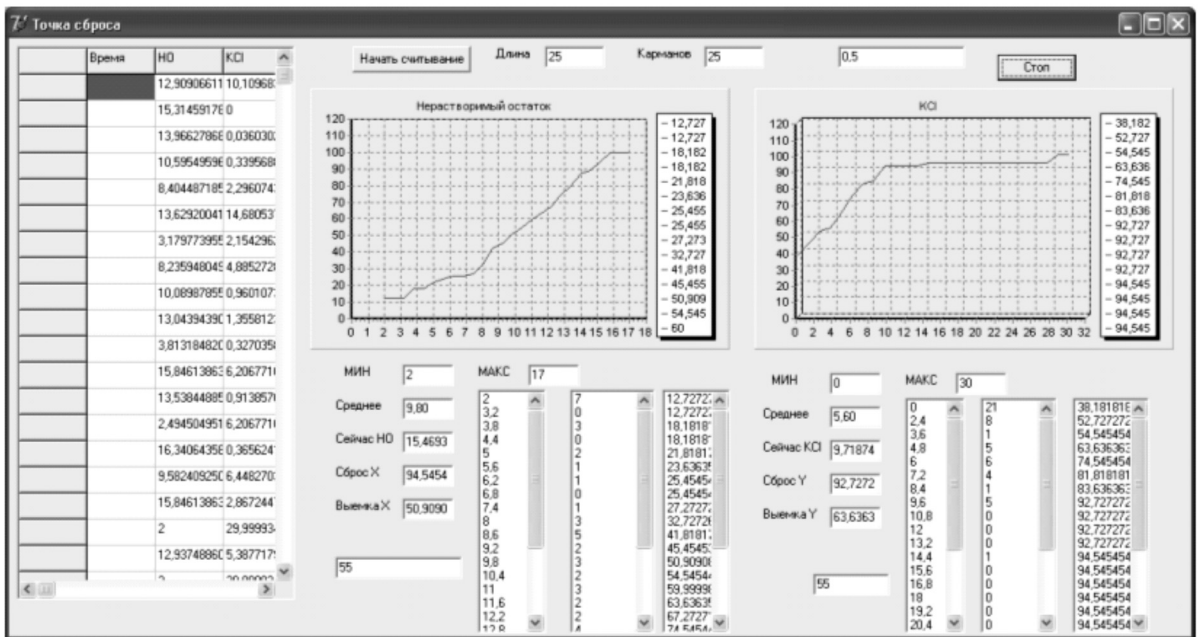


Рисунок 3. Приложение, рассчитывающее координаты сброса и выемки руды.

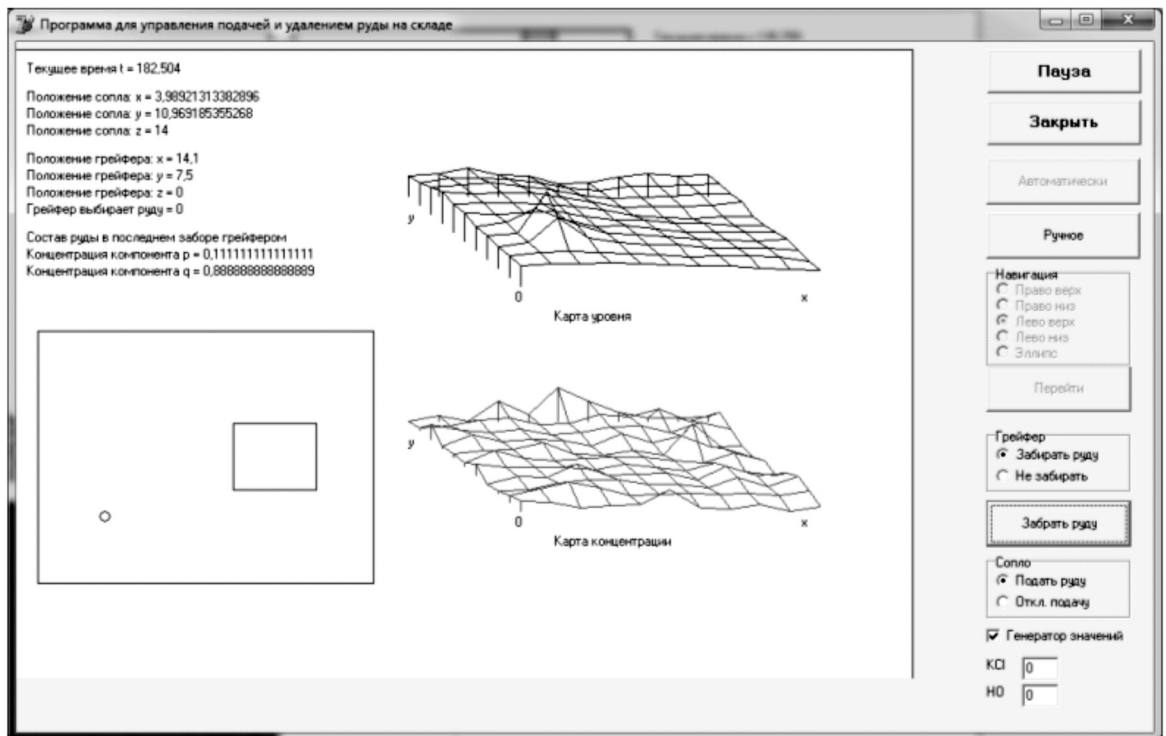


Рисунок 4. Управление соплом и грейфером.

попадает среднее значение компонента: NO – координата X, KCl – координата Y.

6. Полученные координаты передаются в текстовый файл koordinaty.dat.

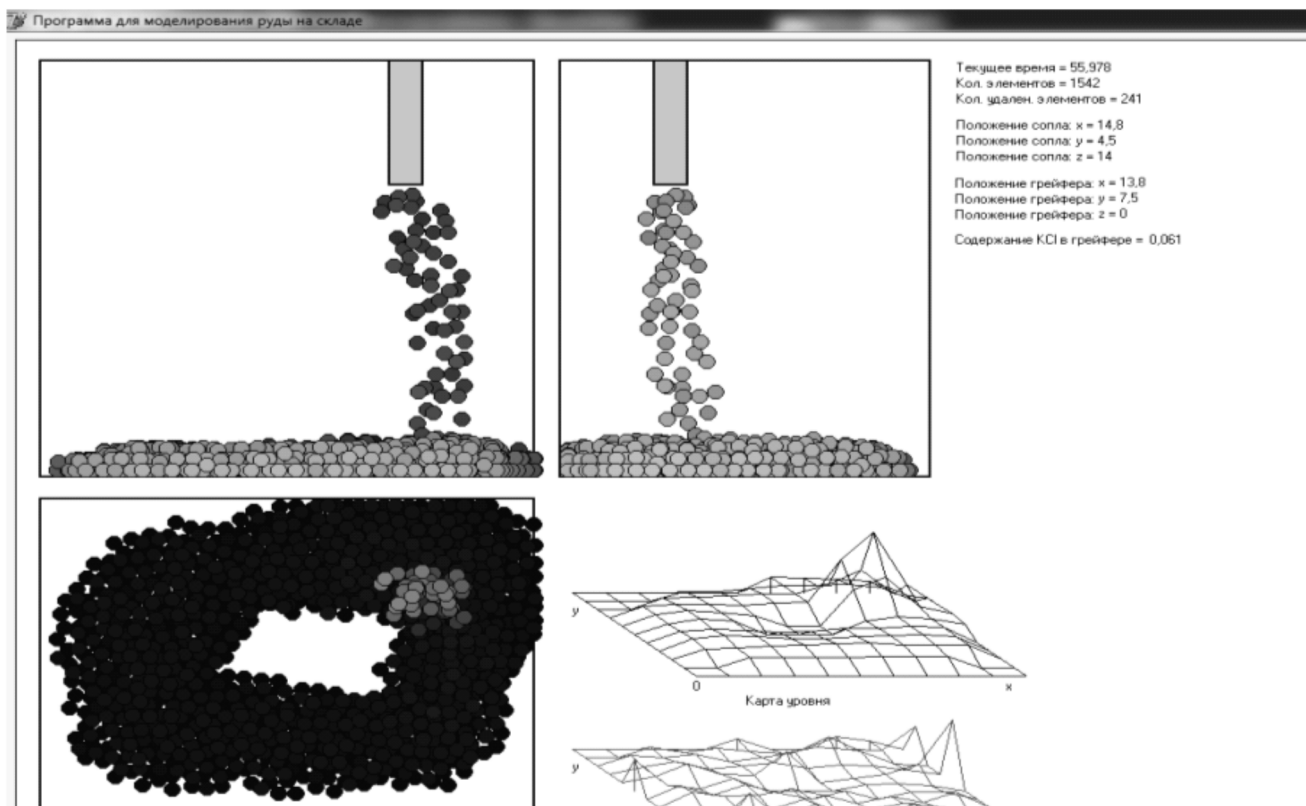


Рисунок 5. Процесс работы склада.

Координаты сопла						Забор руды					
Время	Получили X	Идем X 0-20	Получили Y	Идем Y 0-15		Время	X выбора	Y выбора	NO	KCl	
1	7,953	38,00	7,7	66,00	9,9	1	5,172	0,75	1	0,00	0,00
2	14,875	1E02	20,0	1E02	15,0	2	10,672	0,81	1	0,00	0,00
3	21,953	48,00	9,6	46,00	7,0	3	16,172	0,91	1	0,00	0,00
4	28,953	48,00	9,6	46,00	7,0	4	21,297	1	1	0,00	0,00
5	35,953	48,00	9,6	46,00	7,0	5	26,672	1	1,11	0,00	0,00
6	42,937	48,00	9,6	46,00	7,0	6	32,172	0,99	1,15	0,40	0,60
7	49,953	48,00	9,6	46,00	7,0	7	37,265	1	1,16	0,15	0,85
8	56,953	48,00	9,6	46,00	7,0	8	42,672	0,99	1,15	0,14	0,86
						9	48,172	0,99	1,16	0,21	0,79
						10	53,187	0,99	1,15	0,13	0,88
						11	58,672	0,99	1,16	0,29	0,71

Рисунок 6. Таблицы с данными о произведенных выборках руды грейфером.

Блок "Управление складом" представляет собой приложение, где можно отследить перемещение сопла и грейфера (рис. 4).

Получив из текстового файла координаты точки сброса руды, сопло направляется к полученной точке, не прерывая поставку руды (блок "Загрузка склада") [3].

Грейфер, получив координаты точки выборки, направляется в соответствующую точку и производит выборку руды (блок "Выемка руды").

Блок "Загрузка склада" и "Выемка руды" реализованы в приложении "Моделирование состояния руды на складе" (рис. 5), представляющее собой имитационную модель [4]. Заполнение происходит непрерывным потоком руды, поступающим через сопло транспортной системы. Программа позволяет моделировать высоту руды, насыпаемой в склад, темп заполнения склада, управлять траекторией движения сопла. Для наглядности, качество руды отмечено цветом: красные частицы – сильвин, частицы синего цвета – нерастворимый остаток. Частицы заполняют склад, взаимодействуя друг с другом: сталкиваются, меняя траекторию падения, перемешиваются и так далее.

Также смоделированы выемка руды грейферным краном [5] с последующим пересыпанием зерен руды в образовавшиеся пустоты. Выемка характеризуется интервалом времени, скоростью грейфера, размерами

склада, высотой забора руды. При совершении разовой выемки выдаются данные о соотношении KCl и H<sub>2</sub>O в данной порции руды.

Блок "Склад" представляет собой две таблицы, куда поступают данные от приложения "Управление". В первую заносятся данные о содержании руды в конкретный момент времени, во вторую данные о содержании руды при заборе грейфером. Также есть возможность импортировать и сохранить эти данные в MS Excel для дальнейшего анализа, указав предварительно имя создаваемого файла (рис. 6).

Разработанный на основе учитывающего состав руды алгоритм комплекс программ позволит построить эксперименты по имитации работы склада, при этом он дает возможность отследить характер движения транспортной системы, а также исследовать состав руды на выходе со склада.

Анализ результатов экспериментов, проведенных с помощью данного программного комплекса, показал, что разработанный алгоритм загрузки и разгрузки склада позволит усреднить руду на складе наилучшим образом. Как следствие, исключается выпуск несоответствующей стандартам продукции, требующей снижения сортности; возврат нестандартной по качеству продукции на переработку. Это позволит экономить сырье, материалы, энергоресурсы на выпуск продукции, и, следовательно, увеличить прибыль производственной деятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Григалашвили А.С. Модификация алгоритма SPH для моделирования загрузки склада рудой // Решение: материалы четвертой Всероссийской научно-практической конференции. – Пермь: Изд-во Перм. Нац. Исслед. Политех. Ун-та, 2015. – с. 62–63
2. Варламова С.А., Затонский А.В. Об усреднении состава руды на промежуточном складе // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2013. № 9–10. С. 12–18.
3. Григалашвили А.С. программный комплекс моделирования заполнения склада руды // Молодежная наука в развитии регионов: материалы IV Всерос. Конф. Студентов и молодых ученых (Березники, 23 апреля 2014). – Пермь: Березниковский филиал Перм. Нац. Исслед. Политех. Ун-та, 2014. – с. 40–43
4. Григалашвили А.С., Варламова С.А. Имитационная модель заполнения склада калийной рудой // Новый университет. 2014. № 10 (32), с. 61–64.
5. Кирич Ю.П., Затонский А.В., Беккер В.Ф., Бильфельд Н.В. Качественный анализ динамики позиционного регулирования температуры процесса восстановления титана // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. № 10. С. 54–56.

© А.С. Григалашвили, (atp@bf.pstu.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНСТИТУТ БИЗНЕС-ОБРАЗОВАНИЯ**

негосударственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

*Традиции. Инновации. Успех!*

**И И** МИБО



# ОБ АППРОКСИМАЦИИ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ МЕТОДОМ ПОТОЧЕЧНОЙ КОЛЛОКАЦИИ

Панкратов Илья Алексеевич

К. т. н., доцент,

Саратовский государственный  
университет им. Н.Г. Чернышевского

## COLLOCATION METHOD FOR APPROXIMATION OF OPTIMAL TRAJECTORIES

I. Pankratov

### Annotation

The article considers the problem of optimal control for the case where energy consumption is minimized. End time of controlled process is fixed. With the help of collocation method we constructed an approximate solution. An example of the numerical solution of the problem is given.

**Keywords:** optimal control, collocation method.

### Аннотация

В статье рассмотрена задача оптимального управления для случая, когда минимизируются затраты энергии. Время окончания управляемого процесса задано. С помощью метода поточечной коллокации построено приближённое решение. Приведён пример численного решения задачи.

### Ключевые слова:

Оптимальное управление, метод поточечной коллокации.

## 1. Постановка задачи.

Пусть движение управляемой системы описывается линейным векторным обыкновенным дифференциальным уравнением:

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu \quad (1)$$

Здесь  $A, B$  – постоянные матрицы размерности  $n \times n$  и  $n \times 1$  соответственно;  $x = (x_1, \dots, x_n)^T$  – символ транспонирования; управление  $u$  – скалярная функция, на которую наложены ограничения. Необходимо перевести управляемую систему из начального положения

$$x(0) = x^0 \quad (2)$$

в заданное конечное

$$x(T) = x^1 \quad (3)$$

Качество процесса управления определяется функционалом

$$J = \int_0^T u^2 dt,$$

который характеризует затраты энергии на управление. Время окончания управляемого процесса  $T_K$  задано. Поставленная задача решается с помощью принципа максимума Л.С. Понтрягина [1]. Введём вектор сопряжённых переменных

$$\Psi = (\psi_1, \dots, \psi_n)^T.$$

Известно [2], что система сопряжённых дифференциальных уравнений в этом случае имеет вид:

$$\frac{d\Psi}{dt} = -A^T \Psi. \quad (4)$$

При этом оптимальное управление есть

$$u^{opt} = (B_1 \psi_1 + \dots + B_n \psi_n) / 2. \quad (5)$$

Таким образом, решение задачи оптимального управления сведено к краевой задаче с закреплённым правым концом траектории, описываемой системой линейных дифференциальных уравнений (1), (4), (5) порядка  $2n$  и  $2n$  краевыми условиями (2), (3).

## 2. Метод поточечной коллокации.

Традиционно для численного решения указанных краевых задач оптимального управления применяются различные итерационные методы: метод Ньютона, метод градиентного спуска [3]. Поиску эффективных численных методов посвящены, например, работы Р.П. Федоренко [4], Ф.П. Васильева [5] и др. К сожалению, в общем случае неизвестны формулы для нахождения начальных значений сопряжённых переменных. Отметим также, что произвольно взятые начальные приближения для значений сопряжённых переменных плохо сходятся к тем, которые доставляют нули функциям невязок из-за постоянного попадания в их локальные минимумы, где итерационные методы не дают хороших результатов. В настоящей работе приближённое решение рассматриваемой задачи

оптимального управления ищется в виде линейной комбинации базисных функций [6]:

$$x_j \approx \tilde{x}_j = x_j^0 + \sum_{k=1}^n a_{j,k} N_k^x(t),$$

$$\psi_j \approx \tilde{\psi}_j = \sum_{k=1}^n a_{n+j,k} N_k^\psi(t), \quad (6)$$

$$j = \overline{1, n}.$$

Здесь  $a_{j,k}$ ,  $j = \overline{1, 2n}$ ,  $k = \overline{1, M}$

– неизвестные коэффициенты, а  $N_k^x(t)$ ,  $N_k^\psi(t)$  – линейно независимые базисные функции, удовлетворяющие условиям:

$$N_s^x(0) = 0, \quad s = \overline{1, M}; \quad \exists k, l, m, \quad N_k^x(T) \neq 0, \quad (7)$$

$$N_l^\psi(0) \neq 0, \quad N_m^\psi(T) \neq 0.$$

Из условий (7) следует, что функции  $\tilde{x}_j$  автоматически удовлетворяют начальным условиям при произвольных коэффициентах

$$a_{j,k}, \quad j = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, M}.$$

Подставляя разложения (6) в фазовые и сопряжённые уравнения, найдём невязки

$$R_{[0;T]}^{x_s} \quad \text{и} \quad R_{[0;T]}^{\psi_s}.$$

Для получения приближённых равенств

$$R_{[0;T]}^{x_s} \approx 0 \quad \text{и} \quad R_{[0;T]}^{\psi_s} \approx 0$$

при  $t \in [0; T_k]$  воспользуемся методом поточечной коллокации. Для этого выберем следующую систему весовых функций:

$$W_k = \delta(t - t_k), \quad k = \overline{1, M}.$$

Здесь  $\delta(t)$  – дельта-функция Дирака, а  $t_k = k T_k / M$  – точки коллокации. Потребуем также, чтобы выполнялись равенства

$$\int_0^T R_{[0;T]}^{x_s} \delta(t - t_k) dt = 0, \quad (8)$$

$$s = \overline{1, n}; \quad k = \overline{1, M}.$$

$$\int_0^T R_{[0;T]}^{\psi_{s-n}} \delta(t - t_k) dt - (\tilde{x}_{s-n} - x_{s-n}^i) \cdot \delta(t - t_k) \Big|_{t=T} = 0, \quad s = \overline{n+1, 2n}. \quad (9)$$

Преобразовывая (8), (9) с помощью известного свойства дельта-функции, получим результирующую систему  $2Mn$  линейных алгебраических уравнений

$$R_{[0;T]}^{x_s} \Big|_{t=t_k} = 0, \quad s = \overline{1, n}; \quad k = \overline{1, M}. \quad (10)$$

$$R_{[0;T]}^{\psi_{s-n}} \Big|_{t=t_k} - (\tilde{x}_{s-n} - x_{s-n}^i) \delta(t - t_k) \Big|_{t=T} = 0, \quad (11)$$

$$s = \overline{n+1, 2n}; \quad k = \overline{1, M}.$$

Решив систему (10), (11), мы построим решение фазовых и сопряжённых уравнений, точно удовлетворяющее условиям на левом конце траектории и приближённо – на правом.

### 3. Пример численного решения задачи.

Пусть материальная точка массы  $m$  кг движется прямолинейно под действием управляющей силы  $F(t)$  и силы сопротивления  $F_{\text{сопр}} = -kv$ , где  $v$  – скорость точки. Движение точки согласно второму закону Ньютона описывается уравнением

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F(t) - kv. \quad (12)$$

Введём фазовые координаты  $x_1 = x$  (координата точки, м),  $x_2 = dx/dt = v$ , м/сек; и управление  $u = F(t)/m$ , м/сек<sup>2</sup>.

Тогда уравнение (12) можно представить в виде системы двух обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\frac{dx_1}{dt} = x_2,$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -\frac{k}{m} x_2 + u. \quad (13)$$

В начальный момент времени состояние управляемой системы есть

$$x(0) = \begin{pmatrix} x_1^0 \\ x_2^0 \end{pmatrix};$$

в конечный момент времени

$$x(T) = \begin{pmatrix} x_1^i \\ x_2^i \end{pmatrix}.$$

Из уравнений (13) следует, что матрицы  $A$  и  $B$  имеют вид

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -k/m \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Введём сопряжённые переменные  $\Psi_1, \Psi_2$ . Система дифференциальных уравнений для сопряжённых переменных примет вид

$$\frac{d\Psi_1}{dt} = 0,$$

$$\frac{d\Psi_2}{dt} = -\Psi_1 + \frac{k}{m} \Psi_2.$$

При этом оптимальное управление имеет вид –  $u^{\text{опт}} = \frac{\Psi_2}{2}$ .

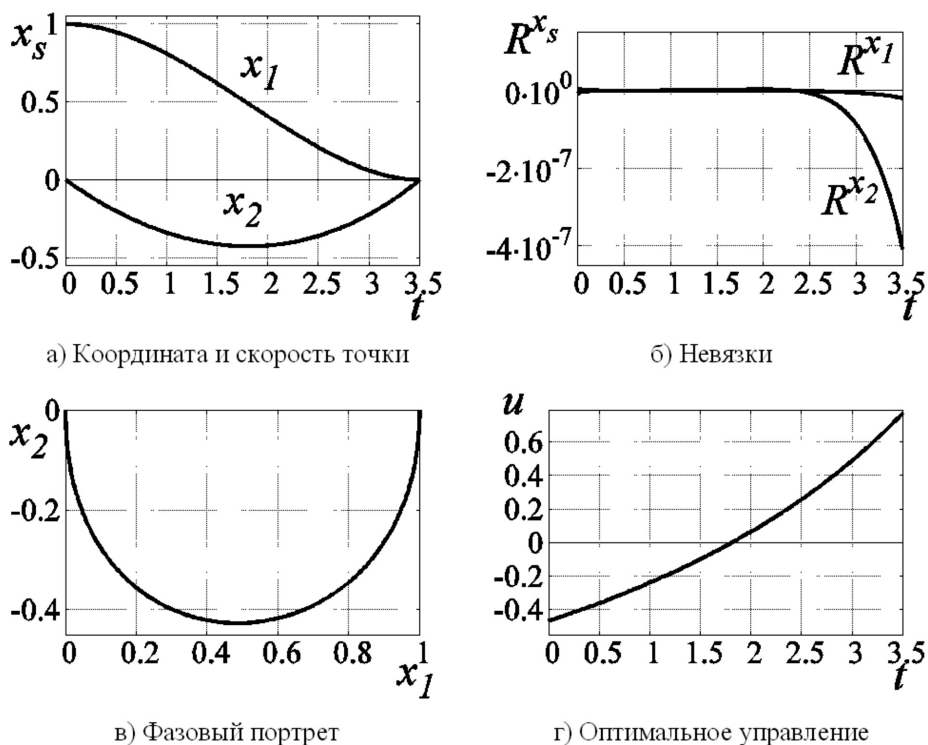


Рисунок 1. Управляемое движение точки (линейная сила сопротивления).

Для численного решения задачи была составлена программа с помощью математического пакета Scilab [7].

На рис. 1 показаны результаты решения задачи для следующих значений параметров:

$$M = 13, T = 3.5 \text{ АБ}, k/m = 0.125 \text{ АБ}^{-1},$$

$$x^0 = (1, 0)^T, x^1 = (0, 0)^T.$$

При этом в качестве базисных функций были взяты полиномы

$$N_k^x = t^k, N_k^y = t^{k-1}, k = \overline{1, M}.$$

Отметим, что при сек скорость точки достигает своего минимального значения и  $t = 1,75$  сек – точка перегиба функции  $x_1 = x_1(t)$ .

В результате исследования задачи было установлено, что при фиксированном количестве базисных функций

погрешность тем меньше, чем меньше время окончания управляемого процесса и параметр  $k/m$ .

Наименьшая погрешность определения конечного положения точки с выбранными параметрами задачи была достигнута при тринадцати базисных функциях.

Отметим также, что погрешность метода поточечной коллокации несколько выше, чем у рассмотренного ранее в работах [8–10] метода Галёркина. В то же время построить систему (10), (11) проще, так как в (8), (9) не нужно искать первообразную. Следовательно, метод поточечной коллокации может с успехом применяться для грубой оценки решения краевой задачи.

В дальнейшем рассмотренный метод будет применён к решению задачи оптимальной переориентации орбиты космического аппарата [11, 12].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Математическая теория оптимальных процессов / Л. С.Понтрягин[ и др.].М.: Наука, 1983. 393с.
2. Ройтенберг Я.Н.Автоматическое управление. М.: Наука, 1971. 396с.
3. Моисеев Н.Н. Численные методы в теории оптимальных систем. М.: Наука, 1971. 424с.
4. Федоренко Р.П. Приближенное решение задач оптимального управления. М.: Наука, 1978. 488с.

5. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1988. 552с.
6. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986. 318 с.
7. Алексеев Е. Р., Чеснокова О. В., Рудченко Е. А. Scilab: Решение инженерных и математических задач. М.: ALTLinux; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 269 с.
8. Панкратов И. А. Решение задач оптимального управления методом взвешенных невязок. Математика. Механика. 2014. №16. С. 117–120.
9. Панкратов И. А. Применение метода Галёркина к решению линейных задач оптимального управления. Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2014. Т. 14, вып. 3. С. 340–349.
10. Панкратов И. А. Об одном методе решения задач оптимального управления. Международная научная школа "Парадигма". Лято-2015. В 8 т. Т.2: Информационные технологии: сборник научных статей. Варна: ЦНИИ "Парадигма", 2015. С. 204–212.
11. Челноков Ю.Н., Панкратов И. А. Переориентация орбиты космического аппарата, оптимальная в смысле минимума интегрального квадратичного функционала качества. Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. № 8. С. 74–78.
12. Челноков Ю. Н., Панкратов И. А. Переориентация круговой орбиты космического аппарата с тремя точками переключения управления. Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 1. С. 70–73.

© И.А. Панкратов, (PankratovIA@info.sgu.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».

Russian Oil&Gas Industry Week  
**НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
НЕФТЕГАЗОВЫЙ  
ФОРУМ**

19-20 апреля 2016 г.  
Москва, ЦВК «Экспоцентр»  
[www.oilandgasforum.ru](http://www.oilandgasforum.ru)

16-я Международная выставка  
**НЕФТЕГАЗ-2016**

18-21 апреля 2016 г.  
Москва, ЦВК «Экспоцентр»  
[www.neftegaz-expo.ru](http://www.neftegaz-expo.ru)

12+

# СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЛАВАНИИ СУДОВ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ

## THE DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEM FOR NAVIGATION IN RESTRICTED VISIBILITY

V. Sedov  
N. Sedova

### Annotation

The part of navigation support system, which is a module to assist in decision-making when sailing ships in restricted visibility presents in this paper. The questions asked to the user and system conclusions variants are demonstrates. The rules by which the system makes decisions and an appropriate decision tree are shown.

**Keywords:** collision prevention regulations, restricted visibility, semantic network, decision tree, linguistic ambiguity.

*Седов Виктор Александрович*  
К.ф.-м.н., Морской  
государственный университет  
им. адмирала Г.И. Невельского,  
г. Владивосток

*Седова Нелли Алексеевна*  
К.т.н., научн. сотрудник, Морской  
государственный университет  
им. адмирала Г.И. Невельского,  
г. Владивосток

### Аннотация

В работе представлен фрагмент системы поддержки принятия решений, представляющий собой модуль для содействия в принятии решений при плавании морских судов при ограниченной видимости. Демонстрируются сформированные вопросы, задаваемые пользователю, а также варианты заключений, выдаваемые системой. Показаны правила, по которым системы принимает решения, а также соответствующее дерево принятия решений.

### Ключевые слова:

Правила предупреждений столкновений в море, ограниченная видимость, семантическая сеть, дерево принятия решений, лингвистическая неопределенность.

## ВВЕДЕНИЕ

Экспертная система, предназначенная для содействия в принятии решений в различных ситуациях, возникающих в море, включает пять модулей, заключенных в единый графический пользовательский интерфейс. Первый модуль, представленный в работе [1], представляет собой подсистему поддержки принятия решений при плавании судов при любых условиях видимости. Разработка первого модуля базировалась на Международных правилах предупреждения столкновений судов в море (МППСС) [2] №4–10, а также комментариях к указанным правилам [3, 4] и рекомендациях "хорошей морской практики". Разработка второго модуля, представляющего собой подсистему поддержки принятия решений при плавании судов на виду друг у друга [5, 6], базировалась на правилах МППСС № 11–18. Разработка третьего модуля "Огни и знаки" [7, 8] базировалась на правилах МППСС № 20–31, а также приложении I МППСС [2]. Разработка четвертого модуля "Звуковые и световые сигналы" базировалась на правилах МППСС № 32–37, а также приложениях II–IV МППСС [2].

Настоящая работа представляет собой фрагмент пятого модуля, представляющего собой подсистему поддержки принятия решений при плавании судов в условиях ограниченной видимости, для разработки которого, главным образом, использовалось правило № 19 МППСС [2], т.е. модуль предназначен для помощи в принятии решений при таких условиях плавания, когда "видимость ограничена из-за тумана, мглы, снегопада, сильного ливня, песчаной бури или по каким-либо другим подобным причинам" [2, 9].

### **Описание системы поддержки принятия решений при плавании судов в условиях ограниченной видимости**

Все понятия и отношения между ними, связанные с правилом МППСС № 19, на основе которого разработан пятый модуль для принятия решений при плавании судов в условиях ограниченной видимости, сведены в единую семантическую сеть, состоящую из 24 понятий.

Используя семантическую сеть правила МППСС №

19, для пятого модуля сформирован перечень вопросов на естественном языке, благодаря которым система поддержки принятия решений "общается" с пользователем:

- ◆ "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района?",
- ◆ "Судно № 1 обнаружило присутствие судна № 2?",
- ◆ "Судно № 1 услышало туманный сигнал судна № 2?",
- ◆ "Судно № 1 обнаружило судно № 2 только с помощью радиолокатора?",
- ◆ "Развивается ли ситуация чрезмерного сближения?",
- ◆ "Возможно ли предотвратить чрезмерное сближение?",
- ◆ "Существует ли опасность столкновения?",
- ◆ "Судно № 2 является обгоняемым?",
- ◆ "На каком траверзе находится судно № 2 по отношению к судну № 1?",
- ◆ "Судно № 1 имеет механический двигатель?",
- ◆ "Судно № 1 движется с безопасной скоростью?",
- ◆ "Судно № 2 находится впереди траверза судна № 1?".

*Одновременно для пятого модуля сформирован перечень заключений, которые должна выдавать система поддержки (в скобках указан использующийся пункт правила МППСС № 19):*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 1:

"Использование экспертной системы в таком случае не является корректным" (пункт а).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 2:

"Судно с механическим двигателем должно держать свои машины готовыми к немедленному манёвру" (пункт б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 3:

"Выполнение правил раздела I. Необходимо выставлять впередсмотрящего как днем, так и ночью и вести непрерывное квалифицированное радиолокационное наблюдение" (пункт с).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 4:

"Каждое судно должно следовать с безопасной скоростью, установленной применительно к преобладающим обстоятельствам и условиям ограниченной видимости" (пункт б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 5:

"Следует избегать изменения курса влево, если другое судно находится впереди траверза и не является обгоняемым" (пункт d, (i)).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 6:

"Следует избегать изменения курса в сторону судна, находящегося на траверзе или позади траверза" (пункт d, (ii)).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 7:

"Судно должно уменьшить ход до минимального, достаточного для удержания судна на курсе. Если это необходимо, остановить движение и в любом случае следовать с крайней осторожностью до тех пор, пока не минует опасность столкновения" (пункт е).

*Далее представлен соответствующий пятому модулю перечень правил, каждое из которых составляется по принципу: если (посылка), то (заключение).*

ПРАВИЛО 1.

Если "Судно № 1 не находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района", то "Использование экспертной системы в таком случае не является корректным" (пункт а).

ПРАВИЛО 2.

Если "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района" и "Судно № 1 не обнаружило присутствие судна № 2" и "Судно № 1 имеет механический двигатель", то "Судно с механическим двигателем должно держать свои машины готовыми к немедленному манёвру" (пункт б).

ПРАВИЛО 3.

Если "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района" и "Судно № 1 не обнаружило присутствие судна № 2" и "Судно № 1 не имеет механический двигатель" и "Судно № 1 движется с безопасной скоростью", то "Необходимо выполнение правил раздела I. Необходимо выставлять впередсмотрящего как днем, так и ночью и вести непрерывное квалифицированное радиолокационное наблюдение" (пункт с).

ПРАВИЛО 4.

Если "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района" и "Судно № 1 не обнаружило присутствие судна № 2" и "Судно № 1 не имеет механический двигатель" и "Судно № 1 не движется с безопасной скоростью", то "Необходимо выполнение правил раздела I. Необходимо выставлять впередсмотрящего как днем, так и ночью и вести непрерывное квалифицированное радиолокационное наблюдение" (пункт с) и "Каждое судно должно следовать с безопасной скоростью, установленной применительно к преобладающим обстоятельствам и условиям ограниченной видимости" (пункт б).

## ПРАВИЛО 5.

Если "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района" и "Судно № 1 обнаружило присутствие судна № 2" и "Судно № 1 услышало туманный сигнал судна № 2", то "Судно должно уменьшить ход до минимального, достаточного для удержания судна на курсе. Если это необходимо, остановить движение и в любом случае следовать с крайней осторожностью до тех пор, пока не минует опасность столкновения" (пункт е).

## ПРАВИЛО 6.

Если "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района" и "Судно № 1 обнаружило присутствие судна № 2" и "Судно № 1 не слышало туманный сигнал судна № 2" и "Судно № 1 обнаружило судно № 2 без помощи радиолокатора", то "Использование СППР в данном случае не является корректным" (пункт а).

## ПРАВИЛО 7.

Если "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района" и "Судно № 1 обнаружило присутствие судна № 2" и "Судно № 1 не слышало туманный сигнал судна № 2" и "Судно № 1 обнаружило судно № 2 только с помощью радиолокатора" и "Не развивается ситуация чрезмерного сближения", то "Необходимо выполнение правил раздела I. Необходимо выставлять впередсмотрящего как днем, так и ночью и вести непрерывное квалифицированное радиолокационное наблюдение" (пункт с) и "Каждое судно должно следовать с безопасной скоростью, установленной применительно к преобладающим обстоятельствам и условиям ограниченной видимости" (пункт b).

## ПРАВИЛО 8.

Если "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района" и "Судно № 1 обнаружило присутствие судна № 2" и "Судно № 1 не слышало туманный сигнал судна № 2" и "Судно № 1 обнаружило судно № 2 только с помощью радиолокатора" и "Развивается ситуация чрезмерного сближения" и "Невозможно предотвратить чрезмерное сближение", то "Судно должно уменьшить ход до минимального, достаточного для удержания судна на курсе. Если это необходимо, остановить движение и в любом случае следовать с крайней осторожностью до тех пор, пока не минует опасность столкновения" (пункт е).

## ПРАВИЛО 9.

Если "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района" и "Судно № 1 обнаружило присутствие судна № 2" и "Судно № 1 не слышало туманный сигнал судна № 2" и "Судно № 1 обнаружило судно № 2 только с помощью радиолокатора" и "Развивается ситуация чрезмерного сближения" и "Возможно

предотвратить чрезмерное сближение" и "Опасности столкновения нет", то "Судно должно уменьшить ход до минимального, достаточного для удержания судна на курсе. Если это необходимо, остановить движение и в любом случае следовать с крайней осторожностью до тех пор, пока не минует опасность столкновения" (пункт е).

## ПРАВИЛО 10.

Если "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района" и "Судно № 1 обнаружило присутствие судна № 2" и "Судно № 1 не слышало туманный сигнал судна № 2" и "Судно № 1 обнаружило судно № 2 только с помощью радиолокатора" и "Развивается ситуация чрезмерного сближения" и "Возможно предотвратить чрезмерное сближение" и "Существует опасность столкновения" и "Судно № 2 является обгоняемым" и "Судно № 2 находится на траверзе судна № 1", то "Следует избегать изменения курса в сторону судна, находящегося на траверзе или позади траверза" (пункт d, (ii)).

## ПРАВИЛО 11.

Если "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района" и "Судно № 1 обнаружило присутствие судна № 2" и "Судно № 1 не слышало туманный сигнал судна № 2" и "Судно № 1 обнаружило судно № 2 только с помощью радиолокатора" и "Развивается ситуация чрезмерного сближения" и "Возможно предотвратить чрезмерное сближение" и "Существует опасность столкновения" и "Судно № 2 является обгоняемым" и "Судно № 2 находится позади траверза судна № 1", то "Следует избегать изменения курса в сторону судна, находящегося на траверзе или позади траверза" (пункт d, (ii)).

## ПРАВИЛО 12.

Если "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района" и "Судно № 1 обнаружило присутствие судна № 2" и "Судно № 1 не слышало туманный сигнал судна № 2" и "Судно № 1 обнаружило судно № 2 только с помощью радиолокатора" и "Развивается ситуация чрезмерного сближения" и "Возможно предотвратить чрезмерное сближение" и "Существует опасность столкновения" и "Судно № 2 не является обгоняемым" и "Судно № 2 находится впереди траверза судна № 1", то "Следует избегать изменения курса влево, если другое судно находится впереди траверза и не является обгоняемым" (пункт d, (i)).

## ПРАВИЛО 13.

Если "Судно № 1 находится в районе ограниченной видимости или вблизи такого района" и "Судно № 1 обнаружило присутствие судна № 2" и "Судно № 1 не слышало туманный сигнал судна № 2" и "Судно № 1 обнаружило судно № 2 только с помощью радиолокатора" и "Развивается ситуация чрезмерного сближения" и "Возможно

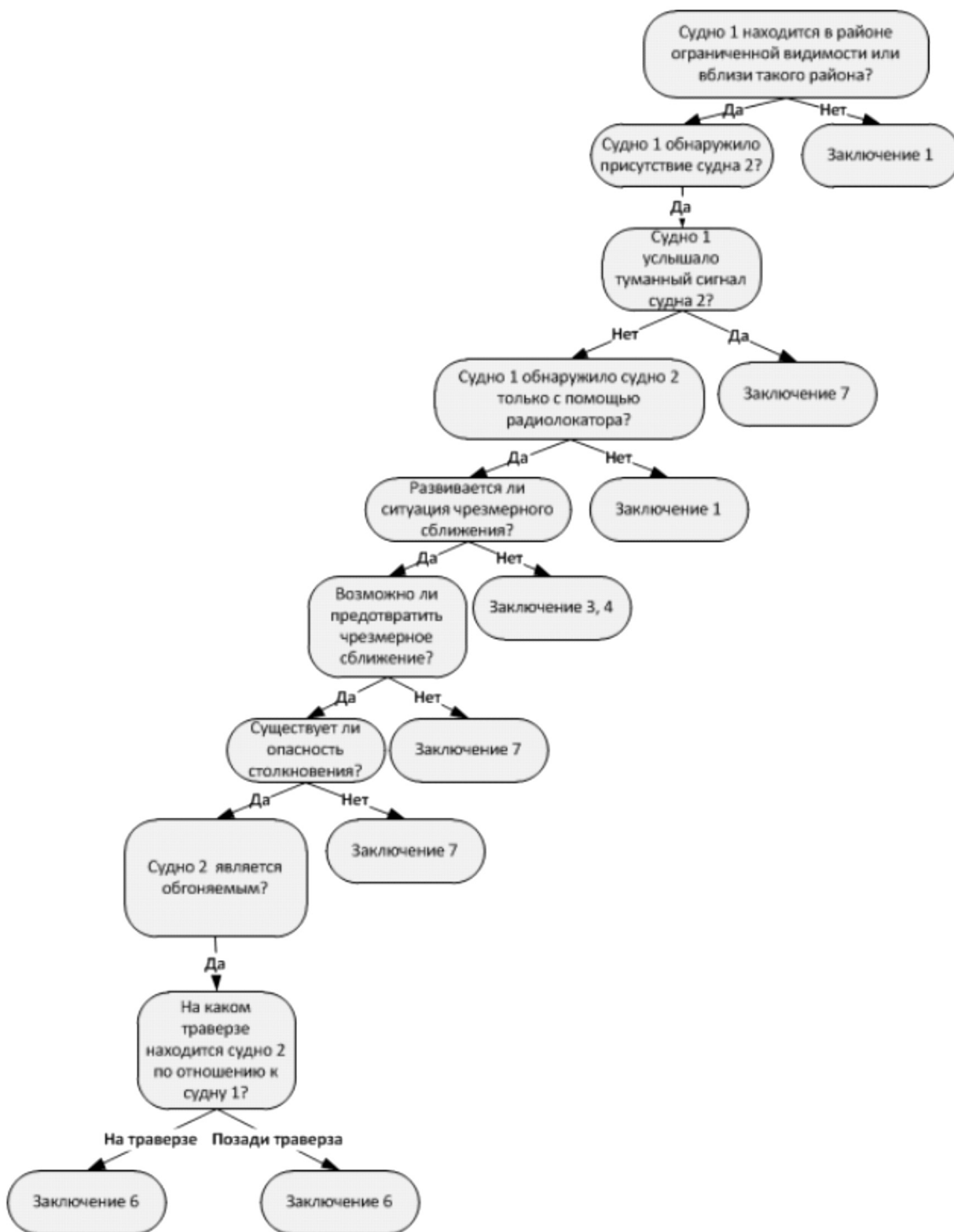


Рисунок 1. Поддерево № 1 дерева принятия решений.



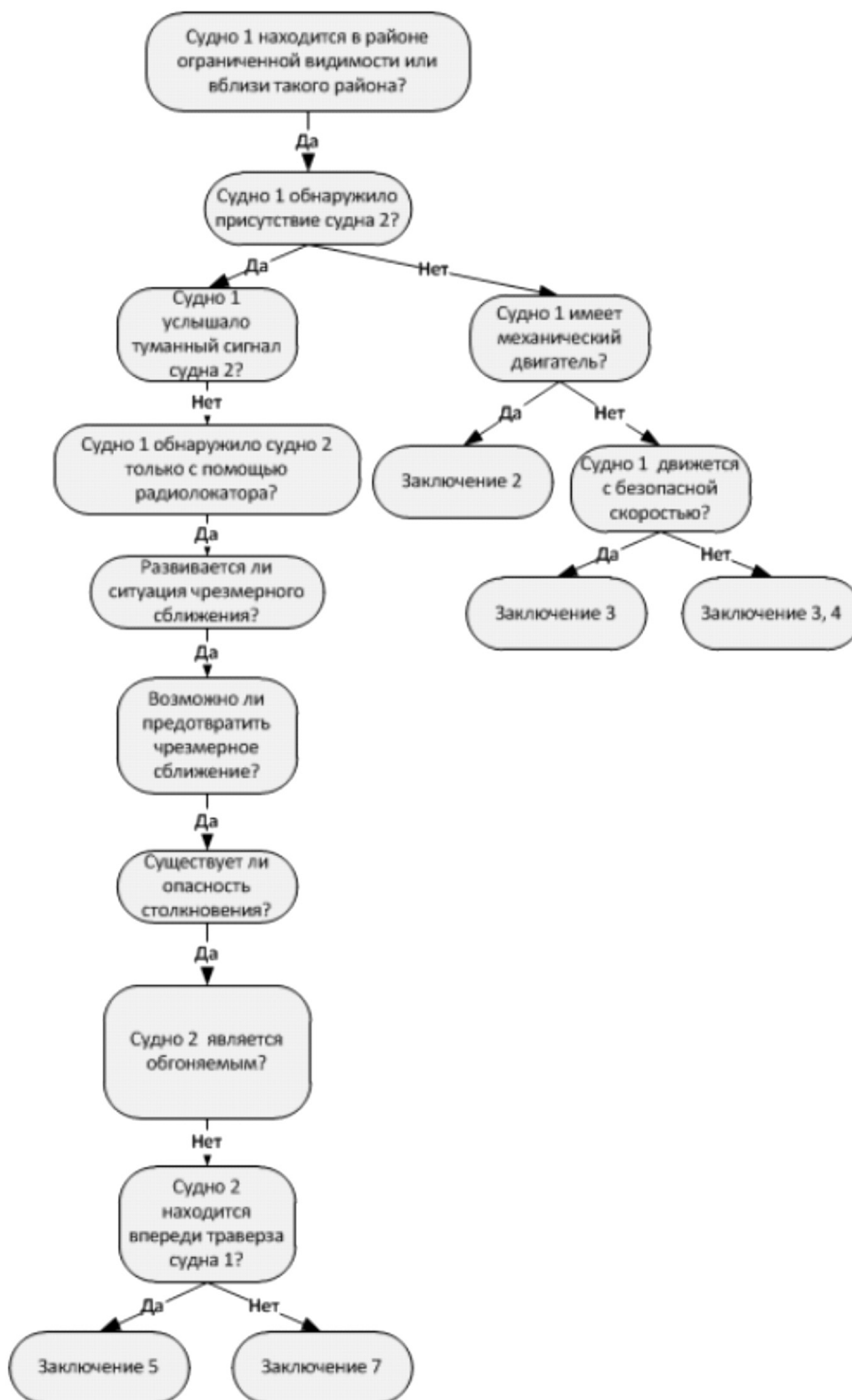


Рисунок 2. Поддереву № 2 дерева принятия решений.

предотвратить чрезмерное сближение" и "Существует опасность столкновения" и "Судно № 2 не является обгоняемым" и "Судно № 2 не находится впереди траверза судна № 1", то "Судно должно уменьшить ход до минимального, достаточного для удержания судна на курсе. Если это необходимо, остановить движение и в любом случае следовать с крайней осторожностью до тех пор, пока не минует опасность столкновения" (пункт е).

Дерево принятия решений для пятого модуля состоит из двух поддеревьев (рис. 1 и 2), что связано с ограничениями используемой для реализации системы поддержки принятия решений оболочки Rulebook [10]. Дерево принятия решений включает все возможные случаи, которые могут возникнуть при принятии решений, однако некоторые вопросы или ответы, имеющие лингвистическую неопределенность, в дальнейшем планируется уточнить и ввести в экспертную систему дополнительные уточняющие модули.

Тестирование представленного фрагмента системы поддержки принятия решений при плавании морских судов в условиях ограниченной видимости несколькими экспертами показало его работоспособность и адекват-

ность тестовым примерам.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В перспективе экспертная система будет способна автоматически определять параметры текущей ситуации, что минимизирует необходимость отвечать на её вопросы, при этом в случае наличия лингвистической неопределённости система будет выдавать несколько возможных выходов из текущей ситуации, при этом судоводитель или другое лицо, принимающее решение, либо согласится с рекомендованным и обоснованным экспертной системой решением, либо предложит свой вариант. Если по критериям качества новый вариант, предложенный судоводителем или лицом, принимающим решение, превосходит решение, выданное экспертной системой, то последняя запомнит параметры текущей ситуации и новое решение, т.е. дообучится.

Дальнейшие исследования будут направлены на учет имеющихся в правилах МППСС лингвистических неопределенностей, а также наполнению экспертной системы знаниями других экспертов и нормативных документов для судоводителей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Седова Н.А. Система поддержки принятия решений для судоводителей // Нейроинформатика, её приложения и анализ данных: Материалы XXI Всероссийского семинара, 27–29 сентября 2013 г. / Под. ред. А.Н. Горбаня. отв. за вып. М.Г. Садовский. – Красноярск: Институт вычислительного моделирования СО РАН, 2013. – 121–126 с.
2. Международные правила предупреждений столкновений судов в море, 1972 г. / Под ред. Н.А. Долотова, Н.А. Паламарчука. – Издание Главного управления навигации и океанографии Министерства обороны союза ССР, 1982. – 87 с.
3. Яскевич А.П., Зурабов Ю.Г. Комментарии к МППСС–72: Справочник. – М.: Транспорт, 1990. – 479 с.
4. Коккрофт А.Н., Ламейер Дж. Н.Ф. Толкование МППСС–72. Пер. с англ. Н.Я. Брызгина и Н.Т. Шайхутдинова. под. ред. Н.Я. Брызгина. М.: Транспорт, 1981. – 280 с.
5. Седова Н.А. Система поддержки принятия решений при плавании судов на виду друг у друга // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия "Естественные и технические науки", 2013, № 11/12, с. 29–32.
6. Седова Н.А. Система поддержки решений для привилегированных судов // Мир транспорта. – 2013. – №3(47). – С. 110–115.
7. Седова Н.А. Система поддержки принятия решений для определения навигационных огней // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. (ITRT–2013): сб. ст. III международной заочной научно-технической конференции. / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2013. – с. 282–285.
8. Седова Н.А. Система поддержки принятия решений для определения дальности видимости огней // Информационные технологии XXI века: материалы международной научной конференции, Хабаровск, 20–24 мая 2013 – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2013. – с. 98–101.
9. Седов В.А., Седова Н.А. Нечётко-продукционная модель определения дальности видимости // В сборнике: Международная научная школа "Парадигма". Лято–2015 сборник научни статьи в 8 тома. ВАРНА, 2015. С. 150–156.
10. Черняховская Л.Р., Старцева Е.Б., Никулина Н.О. Исследование методики разработки баз знаний на основе экспертной системы EXSYS и книги правил RULEBOOK. Методические указания к лабораторным работам. – Уфа: Изд-во УГАТУ, 1997. – 18 с.

# НОВЫЙ ПОДХОД ФОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРЫ ВУЗ-ОВ

## A NEW APPROACH GENERATING INDICATORS BASED ON THE STRUCTURE OF UNIVERSITIES

*G. Sirotkin*

### Annotation

In the article the analysis of methods of assessment. Shown their shortcomings. The proposed system is able to evaluate the quality of education, efficiency or inefficiency, the ranking of the University in a single number without human intervention. Shows how to use the approach in practice. The article may be of interest to specialists in the field of schools' ratings.

**Keywords:** ways evaluation; quality of education; disadvantages; system.

*Сироткин Григорий Вячеславович*  
Аспирант,  
Астраханский государственный  
технический университет

### Аннотация

В статье дан анализ способов оценки. Показаны их недостатки. Предложена система, способная оценивать качество образования, эффективность либо неэффективность деятельности, рейтинг вуза по одному числу без участия человека. Показано использование подхода на практике. Статья может представлять интерес для специалистов в области рейтингов вузов.

### Ключевые слова:

Способы оценки; качество образования; недостатки; система.

## ВВЕДЕНИЕ

Тема оценки деятельности вузов очень актуальная и сложная, иногда очень спорная. Поэтому улучшение качества образования и эффективности работы высшей школы является одной из важных государственных задач. При этом, формирование востребованной системы оценки качества образования и образовательных результатов является одной из задач Федеральной целевой программы развития образования на 2016–2020 годы. Выравнивание качества образования вузов на огромной территории России – требует формирования новой системы оценки, способной охватить оценкой всю систему высшего образования, которой на сегодня нет.

### Цель работы

– предложить новый подход формирования отдельных показателей на основе структуры ВУЗ-ов.

### Для этого необходимо решить следующие задачи:

- ◆ провести анализ работ по заявленной тематике;
- ◆ провести анализ способов оценки деятельности вузов и показать их недостатки;
- ◆ предложить возможный способ устранения недостатков.
- ◆ показать способ устранения недостатков на практике.

Материалами исследования являются работы российских, зарубежных ученых и автора по заявленной тематике. Методом исследования является системный анализ.

## АНАЛИЗ РАБОТ УЧЕНЫХ ПО ЗАЯВЛЕННОЙ ТЕМАТИКЕ

Обзор работ Т.В. Терентьевой, М.Н. Кулакова, Ю.И. Безуглова, Л.П. Безугловой, Н.К. Шеметовой и других показал, что во всех образовательных системах, как зарубежных, так и национальной, объектом оценки качества образования является качество образовательных услуг. Но чтобы его оценить, нужно определить, "что оценивать" и "как оценивать", поскольку данные вопросы на сегодняшний день не разрешены и единого мнения по ним не существует [1].

Вопросам определения понятия эффективности, посвятили свои работы А.В. Сериков, М.Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури, Э. Дж. Долан и др.. Обобщение разных точек зрения по вопросу сущности понятия "эффективность" позволяет сделать вывод о том, что "эффективность" является самостоятельным явлением и применительно к системе менеджмента качества вуза – это способность системы с высокой точностью обеспечить выполнение определенных целей и показателей с минимальными затратами.

Наряду со многими учеными Т.А. Полещук, И.С. Астафурова, Т.В. Терентьева и М.Н. Кулакова посвятили свои исследования факторам и в своих трудах доказали, что анализ факторов служит информационной основой для оценки эффективности любой экономической системы, в том числе и образовательных услуг вуза в современном обществе.

Вопросы оценки качества образования рассмотрены в работах ряда отечественных и зарубежных авторов: М.П. Афанасьева, И.С. Кейман, А.И. Севрук, А.И. Субетто, В.А. Селезнева, Ю.П. Адлер, В.А. Качалова, А.М. Новикова, Д.А. Новикова, Т.В. Терентьева, М.Н. Кулакова, П. Якобсона, Л. Харви, Д. Тиммермана, Е.В. Балацкого, Дж. Болтона, Ф. Букстейна и др. Анализ работ показал, что надлежащее качество образования можно обеспечить, только при оценке и обеспечении качества всей деятельности вуза в целом [2].

Попытки ученых и практиков найти показатели и критерии, на которые следует ориентироваться при оценке эффективности вузов, не нашли своего разрешения. До настоящего времени не разработано единого понимания в определении качества образования, в оценке его качества и "эффективности" либо "неэффективности" вузов. На сегодняшний день не сформирована единая, научно обоснованная система оценки качества образования. При этом, не просматривается и единого подхода к формированию системы показателей, наиболее полно отвечающих задачам оценки качества образования.

Обеспечение высокого качества образования становится в современных условиях все более сложной задачей. Методы управления учебным заведением, учебным процессом и качеством обучения, которые выработались годами, оказываются не эффективными в новых условиях. Сложившаяся ситуация требует формирования более объективной информационной базы для принятия управленческих решений в области качества образования и изменения порядка принятия таких решений [3,4]. Поэтому требуется новый подход к формированию показателей деятельности вузов, который позволил бы сформировать общую систему оценки для всех вузов.

#### АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗОВ

Обзор и анализ моделей систем управления качеством в России и за рубежом, подходов к управлению качеством, методов и критериев оценки показал, что принципы, на которых базируются модели, имеют большую степень совпадения и отличаются полнотой и глубиной охвата основных и ресурсных процессов организации. В основе подавляющего большинства существующих моделей лежат принципы модели менеджмента качества (TQM) "Всеобщее руководство качества". Все модели перекрываются по своим критериям и подкритериям и кор-

релированы между собой. Большинство отечественных вузов в качестве приоритетной используют модель, основанную на международных стандартах ISO 9001 – 2001.

*Анализ недостатков современных моделей систем менеджмента качества показал, что недостатки моделей связаны с внутренними – структурными проблемами:*

1. Загруженностью систем – большое количество документов составляющие систему разрознены и независимы друг от друга, трудно найти какую-то связь между ними и показать их взаимодействие, проследить их исполнение;

2. Непрозрачностью систем – не видно, какие элементы деятельности вуза составляют систему, какие параметры деятельности оцениваются и как оцениваются.

3. Разобщенностью систем – отсутствие единых элементов, составляющих систему, параметров их деятельности и критериев оценки.

*Анализ причин неэффективности современных систем менеджмента качества показал, что недостатки неэффективности систем менеджмента качества связаны с внешними проблемами – недостатками, связанными с созданием, внедрением и использованием систем:*

1. Организационно-управленческий – ненадлежащая организация и управление.

2. Человеческий – неисполнение, отталкивание, неприятие, отстраненность, не восприятие, непрофессионализм и др. [2].

Анализ методов оценивания рейтингов вузов в России и за рубежом показал, что при всем их многообразии проблему объективного оценивания рейтингов нельзя считать решенной. Существующие методики отличаются между собой как по базовым подходам, так и по отдельным измеряемым параметрам, что связано прежде всего с различными целями субъектов рейтингования. Существующие методы имеют определенные недостатки как с точки зрения используемых данных, так и с точки зрения способов их обработки. Применяемые в России методики оценки рейтинга трудоёмки и противоречивы. Более того, некоторые важные аспекты, позволяющие сделать модель полной, целостной, объективной пока остаются неразработанными весьма слабо [5,6].

Анализ систем оценки деятельности вузов показал, что вузами оценивается не вся их деятельность в целом, а лишь отдельные направления их деятельности, что снижает достоверность и объективность оценки. Например, взять перечень "Общие показатели самообследования деятельности вузов", утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 10 декабря 2013 г. № 1324.

Оценка эффективности деятельности производится на уровне вуза. При этом структурные подразделения ву-

за в целом не оцениваются, что отталкивает коллектив от участия в обеспечении качества на рабочем месте и размывает ответственность работников коллектива за конечные результаты. Обработка большого объема информации требует большого времени на их обработку, больших трудовых ресурсов и денежных затрат. Большой объем оценочной информации без объективной системы оценки, снижает достоверность и объективность результатов оценки.

В настоящее время деятельность высших учебных заведений характеризуется определенным набором показателей. Анализ отклонений является основным инструментом оценки деятельности вузов. При наличии отклонений, принимаются управленческие решения и действия для возвращения отклонений к базовому показателю [7,8]. Оценка является трудоемкой ввиду обработки и анализа большого количества разнородной информации с использованием множества лепестковых диаграмм либо трудоемких методик использующих при определении отклонений среднеарифметические и средние величины [9] либо квалиметрические шкалы [7], которые требуют большого количества времени на определение отклонений и затрат на оценку. При этом, несмотря на наличие множества методик, проблема оценки (рейтинга) качества образования и эффективности деятельности вуза является актуальной.

Очевидно, что при таких недостатках эффективность деятельности вузов не возрастает. Это доказывают ежегодные мониторинги, на предмет эффективности деятельности вузов, проводимые Министерством образования и науки РФ. По результатам мониторингов вузы, имевшие хорошую репутацию, признавались неэффективными и количество таких вузов с каждым годом уменьшается.

#### СПОСОБ УСТРАНЕНИЯ НЕДОСТАТКОВ

Наличие отмеченных выше недостатков, требует создание новой системы, которая позволила бы проводить оценку не только вуза в целом, но и каждое его структурное подразделение отдельно с вовлечением каждого работника в процесс обеспечения качества на своем рабочем месте. Показатели нужно формировать под каждое структурное подразделение вуза отдельно, а не как сегодня под отдельные факторы или их группы. Только в этом случае появится общая база, на основе которой и будет построена система оценки деятельности вуза в целом.

Действующие и применяемые системы факторов и показателей оценки разобщены, каждый автор считает свою систему правильной и единого мнения по данному вопросу на сегодня нет. Однако это не дает нужного результата. Предлагаются все новые и новые системы, которым нет ни конца, ни края, а результаты нужны сегодня. Поэтому требуется общая система, в рамках которой, применяемые системы факторов и показателей качества образования могли группироваться. Нужна общая струк-

тура системы, которая могла бы направить все применяемые системы показателей в практическое русло. Только при таких условиях можно достичь высоких результатов в обеспечении качества образования и эффективности деятельности вуза.

Требуется новая, научно обоснованная система показателей обеспечения эффективности деятельности вузов, поэтому предлагается новый подход формирования показателей на основе структуры вузов для обеспечения эффективности всех их структурных подразделений и вовлечения их работников в обеспечение качества на каждом рабочем месте, что соответствует международному стандарту ISO.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВОГО ПОДХОДА НА ПРАКТИКЕ

Для примера, возьмем структуру Астраханского государственного технического университета, которая состоит из 60 институтов, факультетов, отделов, центров и подразделений (далее подразделений), которые представлены на сайте университета [10].

На первый взгляд кажется, что такое количество показателей качества образования и эффективности деятельности вуза, сформировать невозможно. Тем не менее, для решения данной проблемы предлагается система факторов (Приложение 2.), на основе которой можно сформировать систему показателей университета. Она является основой системы интегральной оценки (рейтинга) качества образования и эффективности деятельности вуза, которая будет представлена позже. Веб-приложение системы состоит из 8 страниц. Нумерация страниц сохранена. Порядок формирования системы показателей прост и понятен.

На первом этапе каждому подразделению присваивается отдельный код – отдельная буква и номер институтов, факультетов, отделов, центров и подразделений, если их несколько.

На втором этапе, все коды вводятся в Приложение 2. в столбец 3. После чего система по каждому коду в автоматизированном режиме создаст 60 Приложений 1. Для примера взят планово-экономический отдел.

На третьем этапе, каждое подразделение самостоятельно разрабатывает свою систему показателей и распределяет их по факторам Приложения 2.

Вводя в таблицу блока данных (Приложение 2.) показатель определенного фактора, качество которого он определяет, напротив него в столбце 3 указывается код подразделения, а система в автоматическом режиме внесет его наименование, номер и единицу измерения в Приложение 1. Это делается по каждому показателю.

Если показатель не имеет текущего фактора, то он определяется и вводится в систему. Если фактор и показатель не согласуются, то фактор уточняется. Если текущий фактор остался не использованным, его удаляют из системы. При уточнении факторов и формировании показателей требуется, чтобы они имели положительные взаимосвязи с факторами, обеспечивали и влияли на качес-

Приложение 1.

Макет страницы "Сводные таблицы данных" веб-приложения "Система оценки качества образования".

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА							
Финансово – экономический отдел Код - Э							
№ п/п	Ед.изм ер.	Фактич. величина показателя	Показатели качества	Год 2014	Год 2015	Год 2016. 1	Год 2016. 2
38.1	тыс. руб.	200	Доходы образовательной организации по всем видам финансового обеспечения (деятельности)	10 %	9,09 %	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

[Отменить](#)   [Сохранить](#)   [Логин: \\_\\_\\_\\_\\_](#)   [Печать](#)   [Назад](#)   [Выход](#)  
[Пароль: \\_\\_\\_\\_\\_](#)  
 2015 © Система оценки качества образования | [Сироткин Г.В](#)

Приложение 2/1.

Макет страницы "Таблица блока данных" веб-приложения "Система оценки качества образования".

№ п/п	Показатели	Код структуры	Сила влияния фактор	ед. изм.	Пороговая величина показателя (стандарт)	Фактич. величина показателя
1	2	3	4	5	6	7
<b>Блок 1 . ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>						
<i>Факторы, влияющие на качество образовательной программы</i>						
1	Стандарты					
1.1	<i>Соответствие программ международным стандартам</i>	И	0,9	+ -	+	+
1.2						
2	Правовые требования					
2.1	<i>Соответствие программ правовым требованиям</i>	И	1	+ -	+	-
3	Образовательная программа					
3.1						
4	Качества образовательной программы					
4.1						
5	Профессорско-преподавательский состав					
5.1						
6	Специалисты					
6.1						
6.2						
7	Международная деятельность					
7.1						
8	Научная деятельность					
8.1						
9	Партнерская деятельность					
9.1						
9.2						

Макет страницы "Таблица блока данных" веб-приложения  
"Система оценки качества образования".

№ п/п	Показатели	Код структуры	Сила влияния фактор	ед. изм.	Пороговая величина показателя (стандарт)	Фактич. величина показателя
1	2	3	4	5	6	7
<b>Блок 2 . ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА</b>						
<i>Факторы, влияющие на качество образовательного процесса</i>						
10	Профессорско-преподавательский состав					
10.1						
10.2						
11	Специалисты					
11.1						
12	Студенты					
12.1						
13	Качества образовательного процесса					
13.1						
14	Соответствия правовым нормам					
14.1						
15	Соответствия нормам безопасности					
15.1						
16	Материально -техническая база					
16.1						
17	Научно-методическое обеспечение					
17.1						
18	Международная деятельность					
18.1						
19	Партнерская деятельность					
19.1						
20	Строительная деятельность					
20.1						
21	Информационный ресурс					
21.1						
22	Научная деятельность					
22.1						
22.2						
<b>Блок 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ВНЕУЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>						
<i>Факторы, влияющие на качество внеучебной деятельности</i>						
23	Профессорско-преподавательский состав					
23.1						

## Приложение 2/3.

№ п/п	Показатели	Код структуры	Сила влияния фактор	ед. изм.	Пороговая величина показателя (стандарт)	Фактич. величина показателя
1	2	3	4	5	6	7
24	Специалисты					
24.1						
25	Слушатели					
25.1						
26	Дополнительное образование					
26.1						
27	Внеучебная деятельность					
27.1						
28	Правовые требования					
28.1						
29	Безопасности жизнедеятельности					
29.1						
30	Материально-техническая база					
30.1	Удельный вес стоимости оборудования (не старше 5 лет) образовательной организации в общей стоимости оборудования	М	0,7	%	10	6
31	Научно-методическое обеспечение					
31.1						
32	Международная деятельность					
32.1						
33	Научная деятельность					
33.1	Количество лицензионных соглашений	Н	0.2	ед.	5	3
34	Партнерская деятельность					
34.1						
35	Строительная деятельность					
35.1						
36	Информационный ресурс					
36.1						
37						
37.1						
<b>Блок 4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ФИНАНСОВОЙ СТАБИЛЬНОСТИ</b>						
<i>Факторы, влияющие на качество финансовой стабильности</i>						
38	Финансово-экономической деятельности					
38.1	Доходы образовательной организации по всем видам финансового обеспечения (деятельности)	Э	0,5	тыс.руб.	220	200
38.2						
39	Абитуриенты					
39.1						



## Приложение 2/4.

№ п/п	Показатели	Код структуры	Сила влияния фактор	ед. изм.	Пороговая величина показателя (стандарт)	Фактич. величина показателя
1	2	3	4	5	6	7
40	Обучающиеся					
40.1						
41	Дополнительное образование					
41.1						
42	Международная деятельность					
42.1						
43	Научная деятельность					
43.1						
44	Инновационная деятельность					
44.1						
45	Информационная деятельность					
45.1						
46	Издательская деятельность					
46.1						
47	Партнерская деятельность					
47.1						
48	Маркетинговая деятельность					
48.1						
49	Маркетинг образовательных услуг					
49.1						
50	Энергосбережение и энергоэффективность					
50.1						
<b>Блок 5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОВЕРКИ И РЕАЛИЗАЦИИ ЗНАНИЙ</b>						
<i>Факторы, влияющие на качество проверки и реализации знаний</i>						
51	Оценка качества знаний обучающихся					
51.1						
52	Самоконтроль качества образования обучающихся					
52.1	<i>Количество часов на самоподготовку</i>					
52.2	<i>Посещаемость</i>					
53	Производственная и преддипломная практика					
53.1						
54	Инновационная деятельность					
54.1						
55	Содействие в трудоустройстве выпускников					
55.1						
56	Мониторинг рынка образовательных услуг и труда	М	1			
56.1	<i>Потребность рынка в специалистах</i>			+	+	+
56.2	<i>Спрос на услуги вуза</i>			+	+	-
56.3	<i>Результат востребованности выпускников вуза</i>			%	15	2
56.4	<i>Востребованность бюджетных мест</i>			ед.		
56.5	<i>Потери вуза от отчислений студентов</i>			тыс руб.	300	200

тво образования, блоковые и целевые факторы прямо или косвенно, в той или иной степени, чтобы достичь основной цели – высокого качества образования вуза в целом. После ввода всех показателей система показателей считается сформированной.

Структура университета включает в себя множество структурных подразделений, многие из которых на первый взгляд к качеству образования отношения не имеют.

*Поэтому, при формировании системы показателей структурных подразделений, необходимо исходить из видов деятельности, которые обеспечивает предлагаемая автором система:*

1. Основной – направленной на обучение и результат.
2. Вспомогательной – направленной на создание условий обучения, проверки и реализации результата.
3. Дополнительной – коммерческой, направленной на продажу услуг и получения дохода.

*Также, необходимо исходить из целей структуры факторов:*

1. Основной – достижение высокого качества образования вуза.
2. 5 блоков вспомогательных целей – факторов:
  - Обеспечение качества образовательной программы.
  - Обеспечение качества образовательного процесса.
  - Обеспечение качества внеучебной деятельности.
  - Обеспечение качества финансовой стабильности.
  - Обеспечение качества проверки и реализации знаний.
3. Текущих целей – факторов, обеспечивающих качество второго уровня системы, который является основой

для формирования системы показателей, качество которых они обеспечивают.

Если, деятельность структурного подразделения не обеспечивает обозначенные направления деятельности и цели, то они в систему не входят, если их деятельность ни прямо, ни косвенно не влияет на качество образования вуза и качество вспомогательных и текущих целей.

Только при обозначенных условиях, можно обеспечить высокое качество образования, как отдельного вуза, так и всех вузов России вместе. В связи с большим количеством подразделений, а значит и показателей, эффективность оценки достигается за счет автоматизации её процессов.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный подход новый, представлен впервые, практически реализуем и востребован в образовании.

Практическая значимость нового подхода заключается в том, что на его основе можно сформировать единую систему показателей оценки всех структурных подразделений вузов, что позволит повысить качество образования на все территории России, поскольку оценкой будет охвачена вся система высшего образования России в целом по единым правилам.

Дальнейшие исследования направлены на формирование системы показателей с учетом предложенного нового подхода с использованием предложенной автором системы интегральной оценки (рейтинга) качества образования и эффективности деятельности вуза [11], результаты которых будут представлены позже.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сироткин Г.В. Системный анализ факторов качества образования в вузе // Прикаспийский ж–л: управление и высокие технологии. 2013. № 2. С. 109–118.
2. Сироткин, Г.В. Недостатки современных систем менеджмента качества и возможный способ их устранения / Г.В. Сироткин // "Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии". – 2013. – № 1 (21) – С. 145 –150.
3. Ивойлова И. Виктор Садовничий: Реорганизация филиалов – правильная тенденция [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rg.ru/2012/11/20/vuzi.html> (дата обращения 19.11.2015).
4. Рябова, С.В. Мониторинг качества образования как базовый элемент системы управления вузом: автореферат ... кандидата экономических наук: 08.00.05. – Москва, – 2013. [http://discollecion.ru/article/22112013\\_151136\\_rjabova/3](http://discollecion.ru/article/22112013_151136_rjabova/3).
5. Фещенко, А.В. Веб–сайт университета в современном информационно–коммуникационном пространстве [Электронный ресурс]: URL: <http://www.astu.org/http://ido.tsu.ru/files/pub2010/Feshenko.pdf> (дата обращения 10.04.2015).
6. <http://ido.tsu.ru/files/pub2010/Feshenko.pdf6>. Шершакова, Т.Л. Рейтинговая оценка вузов: российский подход [Электронный ресурс]: URL: <http://www.astu.org/http://expert-nica.ru/library/sbornik2012/III%20part/Shershakova.pdf> (дата обращения 10.04.2015).
7. <http://ido.tsu.ru/files/pub2010/Feshenko.pdf> Квалиметрические шкалы [Электронный ресурс]: URL: <http://lektsiopedia.org/lek-17165.html> <http://www.astu.org/> (дата обращения 03.07.2015).
8. Электронный учебник. Методы оценки уровня качества продукции [Электронный ресурс]: URL: [http://de.ifmo.ru/bk\\_netra/page.php?index=12&tutindex=18](http://www.astu.org/http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?index=12&tutindex=18) (дата обращения 03.07.2015).
9. Способы расчета абсолютных, относительных, средних величин [Электронный ресурс]: URL: <http://lektsiopedia.org/lek-17165.html> <http://www.astu.org/> (дата обращения 03.07.2015).
10. Структура университета [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rg.ru/2012/11/20/vuzi.html> <http://www.astu.org/pages/show/2442-Struktura-universiteta> (дата обращения 20.11.2015).
11. Сироткин Г.В. Модель системы интегральной оценки качества образования и эффективности деятельности вуза. // Инновации в науке: сборник статей по материалам XLIV международная научно–практическая конференция (Новосибирск, 24 июня 2015 г.). 2015, С.38 – 60.

## К ВОПРОСУ О СРАВНЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ РАНЖИРОВАНИЯ

### TO THE PROBLEM OF EFFICIENCY COMPARISON OF RANKING ALGORITHMS

*V. Tushavin*

#### Annotation

The article describes three algorithms for finding the final grade. A numerical experiment in which was revealed the relationship between the accuracy of determining the result of rank and the number of experts, the number of ranks and the concordance coefficient. The advantage of using the Schulze method vs Kemeny–Young method is considered in this article.

**Keywords:** Kemeny, Schulze, rankings, statistics.

**Тушавин Владимир Александрович**  
К.т.н., к.э.н., доцент, ФГАОУ ВО  
Санкт–Петербургский государственный  
университет аэрокосмического  
приборостроения

#### Аннотация

В статье рассматриваются три алгоритма нахождения итогового ранга. Описывается численный эксперимент, в результате которого выявлена зависимость между точностью определения результирующего ранга и числом экспертов, числом рангов и коэффициента конкордации. Показано преимущества использования метода Шульце перед алгоритмами нахождения медианы Кемени.

#### Ключевые слова:

Медиана Кемени, метод Шульце, ранжирование, статистика.

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема ранжирования объектов на основании мнения экспертов, как предмет теории принятия решения, исследована достаточно полно. В отечественной квалитологии наибольшую известность имеет так называемая медиана Кемени. Как показал анализ публикаций, основным методом получения результирующих рангов в отечественных научных разработках является подход, описанный Б. Г. Литваком, включающий в себя эвристический и комбинаторный алгоритмы [1, с. 82–88] и метод, основанный на сведении задачи к задаче линейного программирования (задаче о назначениях) при отыскании медианы Кемени на векторах предпочтений [1, с. 88–89].

Из зарубежных исследований следует отметить работу [2], в которой рассматриваются существующие алгоритмы нахождения медианы Кемени и предлагается три подхода, воплотившиеся в пакете расширения для R ConsRank [3]:

- ◆ Предложенные авторами статьи [2] *FAST* и *QUICK* алгоритмы;
- ◆ метод ветвей и границ, описанный в работе [4].

На основании подходов, описанных в статье [5], ранее был реализован алгоритм, основанный на модифицированном расстоянии между рангами, равном числу перестановок в алгоритме пузырьковой сортировки, и сводящий задачу нахождения медианы Кемени к задаче ли-

нейного программирования (ЛП). Также был реализован метод Шульце на основе алгоритма Флойда – Уоршелла, показавший высокую эффективность [6]. Для решения задачи упорядочивания объектов по методике, описанной в [6], необходимо выбрать наиболее эффективный и робастный из перечисленных выше алгоритмов. Следовательно, постановку эксперимента можно описать ниже следующим образом.

### МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Пусть имеется случайная матрица рангов  $\|a_{ij}\|_{n \times m}$ , где  $n$  – число экспертов, а  $m$  – число ранжируемых объектов. Предположим, что все строки матрицы заполнены одинаковыми случайными рангами, без повторов от 1 до  $m$ , где 1 – наиболее предпочтительный объект. Произведем случайную перестановку рангов двух объектов во все строки, начиная со второй, имитируя таким образом помеху при оценке. Первую строку матрицы оставим без изменения, чтобы снизить вероятность возникновения парадокса Кондорсе.

*Дизайн эксперимента можно описать следующим образом:*

- ◆ число ранжируемых объектов  $m$  от трех до восьми включительно;
- ◆ число экспертов  $n$  равно: 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512;
- ◆ число тестов для каждой пары  $n$  и  $m$  – 100.

◆ сравниваемые алгоритмы: QuickCons из пакета R, модифицированные к входным данным разработанные программы, по алгоритмам описанным в статье [6]. Для ускорения вычисления алгоритм нахождения консенсуса по методу Шульце был переписан на C++.

Итого необходимо провести 4800 тестов. Цель эксперимента: установить способность алгоритмов восстанавливать первоначальную последовательность после внесения случайных помех.

Следует отметить, что в исследовании [7] уже был проведен ряд серий численных экспериментов по изучению свойств выборочных медиан Кемени. "В каждой серии методом статистических испытаний определенное число раз моделировался случайный и независимый выбор экспертных ранжировок, а затем находились все медианы Кемени для смоделированного набора мнений экспертов. При этом в сериях 1–5 распределение ответа эксперта предполагалось равномерным на множестве всех ранжировок, а в серии 6 это распределение являлось монотонным относительно расстояния Кемени с некоторым центром" [7] Однако проведенный численный эксперимент, описанный в настоящей статье, отличается простой повторяемостью результатов благодаря открытым исходным кодам программы эксперимента, большим исследуемым диапазоном для монотонного расстояния Кемени, а также применением для эксперимента не только алгоритмов отыскания медианы Кемени, но и метода Шульце. Для воспроизводимости результатов протокол испытания, а также результаты эксперимента доступны по URL: <https://github.com/Tushavin/RANKING>.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Проведенный эксперимент показал, что скорость нахождения консенсуса методом Шульце в среднем на три порядка выше, чем у остальных алгоритмов (см. рис. 1.). На рис. 2. представлена диаграмма Венна, показывающая пересечения множества найденных решений. Как видно из схемы, существуют расхождения, и наиболее заметно они проявляются при нахождении медианы Кемени методом линейного программирования. Как показал анализ данных эксперимента (доступно в виде файла Excel по приведенной выше ссылке), программа на основе ЛП не находит правильное решение в случае, если число экспертов равно четырем, а число оцениваемых параметров – трём.

Точность ранжирования для программ составила (в скобках указан 95% доверительный интервал):

- ◆ Шульце (C++) [6]: 0.804 (0.793, 0.815);
- ◆ QuickCons из пакета ConsRank [3]: 0.808 (0.796, 0.819);
- ◆ Метод линейного программирования (R) [5,6]: 0.761 (0.748; 0.773).

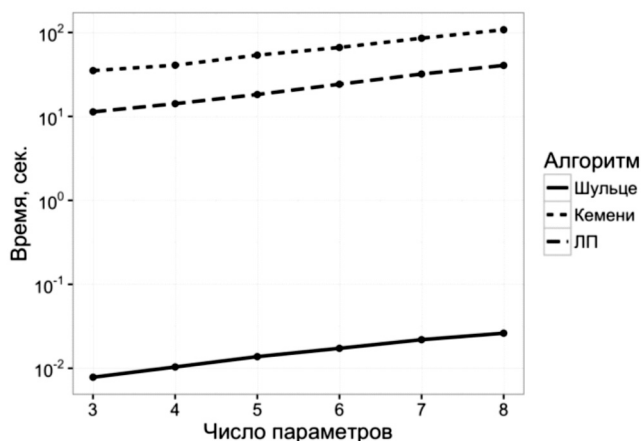


Рисунок 1. Суммарное время расчета консенсуса для 800 тестов (Шульце - программа нахождение консенсуса методом Шульце (C++) [6], ЛП - нахождение медианы Кемени методом линейного программирования (R) [5,6], Кемени - программа QuickCons из пакета ConsRank [3]).

Результаты точности прогноза по методу Шульце были исследованы с помощью логистической регрессионной модели [8], а также с использованием классификационного дерева [9,10]. Данными для моделей послужила случайная выборка в 3800 строк из таблицы результатов эксперимента. В качестве регрессоров выступали: число экспертов, число рангов и коэффициенты конкордации между рангами матриц оценок. Полученные модели тестировались на оставшихся 1000 строках.

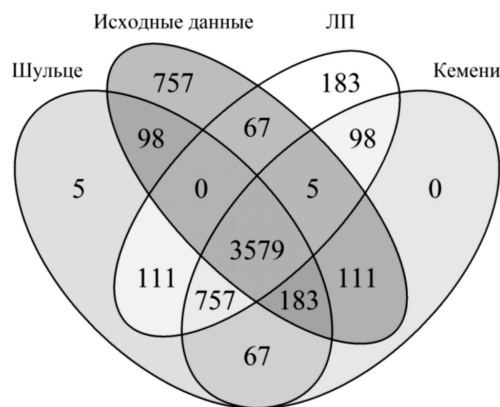


Рисунок 2. Пересечение множеств найденных ранжирований. Исходные данные - первоначальное ранжирование до внесения помех. Шульце - результаты программы нахождение консенсуса методом Шульце (C++) [6], ЛП - результаты нахождения медианы Кемени методом линейного программирования (R) [5,6] и Кемени - программы QuickCons из пакета ConsRank [3].

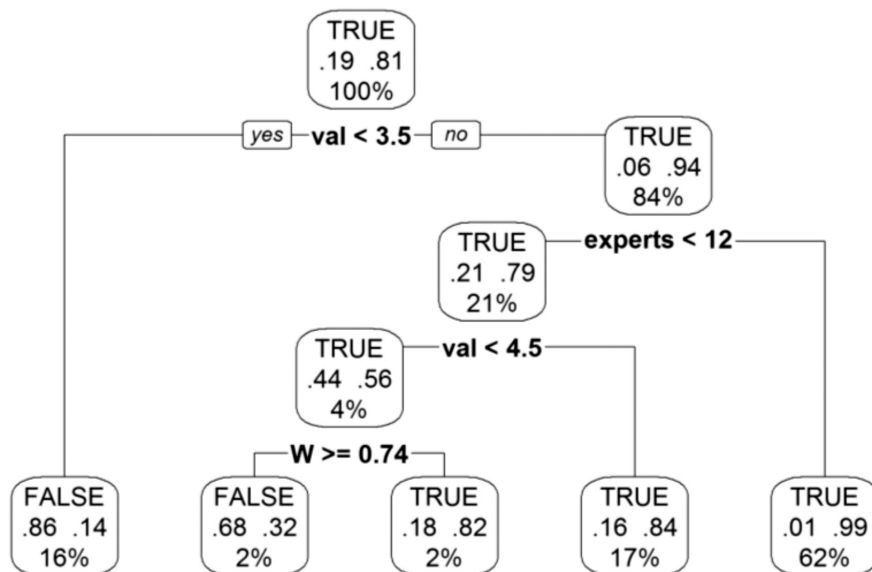


Рисунок 3. Графическое представление классификационного дерева.

Val - число рангов; experts - число оценок;

W - коэффициент конкордации Кендалла.

В прямоугольниках показано (по строкам) совпадет (TRUE) или не совпадет (FALSE) результат с первоначальным ранжированием; доли неверной и верной оценки; процент от выборки.

Лучшие результаты прогнозирования по каппа-статистике (0.81 против 0.76) показала модель на основе классификационного дерева со следующими параметрами:

- ◆ Точность прогноза: 0.936
- ◆ 95% доверительный интервал для точности: (0.919, 0.950)
- ◆ Каппа статистика: 0.807
- ◆ p-значение теста МакНемара: 0.532.

Остальные показатели доступны в листинге эксперимента. Графически полученное классификационное дерево представлено на рис. 3.

Таким образом, наибольшая точность достигается при числе ранжируемых показателей больше трех и числе оценок более 12. На рис. 4 представлены результаты пересечения множеств для описанной выборки.

Как видно из рисунка, метод Шульце и алгоритм QuickCons дают примерно одинаковые результаты. Это подтверждается расчетами.

Точность ранжирования в этом случае для программ составила (в скобках указан 95% доверительный интервал):

- ◆ Шульце (C++) [6]: 0.990(0.985, 0.993);
- ◆ QuickCons из пакета ConsRank [3]: 0.991 (0.986; 0.994);

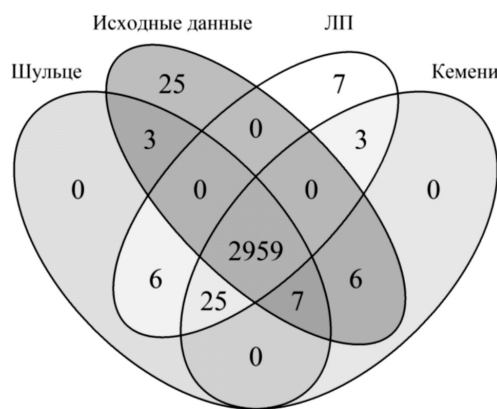


Рисунок 4. Пересечение множеств выборки из найденных ранжирований для числа показателей больше трех и числе оценок более 12. Описание схемы см. рис 2.

- ◆ Метод линейного программирования (R) [5,6]: 0.986 (0.981, 0.990).

Учитывая, что скорость выполнения алгоритма по методу Шульце выше на три порядка при сравнимых результатах можно сделать вывод о целесообразности его использования при решении практических задач, например, связанных с рандомизацией показателей качества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате численного эксперимента выявлена закономерность между точностью определения результирующего ранга и числом экспертов, числом рангов и коэффициентом конкордации.

Показаны преимущества использования метода Шульце перед алгоритмами нахождения медианы Кемени по скорости расчета. Полученные результаты могут быть использованы в исследованиях, связанных со статистикой объектов нечисловой природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Литвак Б. Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа. – М. : Радио и связь, 1982 – 184 с.
2. Amodio S., D'Ambrosio A., Sicilianob R. Accurate algorithms for identifying the median ranking when dealing with weak and partial rankings under the Kemeny axiomatic approach // *European Journal of Operational Research*. 2016, Vol. 249, Issue 2, P. 667–676. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.08.048
3. D'Ambrosio A., Amodio S. ConsRank: Compute the Median Ranking(s) According to the Kemeny's Axiomatic Approach [R package version 1.0.2]. 2015. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=ConsRank>
4. Emond, E., & Mason, D. A new rank correlation coefficient with application to the consensus ranking problem // *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 2002, no. 11(1), 17–28
5. Conitzer V., Davenport A., Kalagnanam J. Improved Bounds for Computing Kemeny Rankings // AAAI'06: Proceedings of the 21st National Conference on Artificial Intelligence, 2006 Vol. 1. P. 620–626
6. Тушавин В. А. Ранжирование показателей качества с использованием методов Кемени–Янга и Шульце // *Экономика и менеджмент систем управления*. 2015. № 4.4 (18). С. 497–503
7. Орлов А.И., Жихарев В.Н. Законы больших чисел и состоятельность статистических оценок в пространствах произвольной природы // *Статистические методы оценивания и проверки гипотез. Межвузовский сборник научных трудов.* – Пермь: Изд-во Пермского государственного университета, 1998. С.65–84.
8. Walker S. H., Duncan D. B. Estimation of the probability of an event as a function of several independent variables// *Biometrika*. 1967. Vol. 54, No. 1/2 (Jun., 1967), pp. 167–179. doi:10.2307/2333860
9. Breiman L, Friedman J, Stone C. J., Olshen R.A. *Classification and Regression Trees* (Wadsworth Statistics/Probability). Chapman and Hall/CRC. 368 p.
10. Therneau T., Atkinson B, Ripley B. rpart: Recursive Partitioning and Regression Trees [R package version 4.1–10]. 2015. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=rpart>.

© В.А. Тушавин, ( [tushavin@gmail.com](mailto:tushavin@gmail.com) ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



## ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ НА СОСТОЯНИЕ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ ПОЛОСТИ РТА

### INFLUENCE OF METAL PROSTHETICS CONSTRUCTIONS ON THE ORGANS AND TISSUES OF ORAL CAVITY

A. Avanesov  
A. Zurnachyan

#### Annotation

The article discusses the influence of dental prosthetic constructions made of various metals and alloy products on the condition of the oral cavity. It is shown that in the most cases, the researchers detect elemental composition changes of saliva – concentration of microelements, used for prosthetic constructions, increase in saliva. As a result, pH of saliva changes and local immunity in oral cavity decreases, which can lead to its diseases development or worsening of present diseases. Moreover, in the most of patients microelements, metals are absorbed from saliva and lead to diseases of gastrointestinal tract. However, the data obtained by different authors, in many respects are contradictory. Some problems, such as the dependence of various trace elements concentration in saliva from period of prosthetics, prosthesis area, are unexplored. In this regard, further study is needed of this problem. Results of these investigations can help to decrease the rate of dental prosthetics.

**Keywords:** metal prosthetic constructions, metal alloy products, trace element composition of saliva, oral cavity.

**Аванесов Анатолий Михайлович**

Д.м.н., профессор, зав.

каф. общей и клинической стоматологии,

зам. декана мед. института, РУДН

**Зурначян Артур**

Аспирант, каф. общей и клинической

стоматологии мед. института, РУДН

Гл. врач сети стоматологических клиник

ООО "ЕВРОДЕНТ" и клиники

ООО "Эффективной стоматологии"

#### Аннотация

В статье рассматривается влияние стоматологических ортопедических конструкций, изготовленных из различных металлов и сплавов на состояние ротовой полости. Показано, что в большинстве случаев исследователи обнаруживают изменение микроэлементного состава слюны – в ней увеличивается концентрация микроэлементов, входящих в состав сплава протезной конструкции. В результате изменяется pH слюны, снижается местный иммунитет в ротовой полости, что может привести к развитию заболеваний, либо более тяжелому течению уже имеющихся патологических состояний. Более того, в ряде исследований показано, что у многих пациентов микроэлементы слюны всасываются, что способствует развитию заболеваний пищеварительного тракта. Однако, данные, полученные разными авторами, во многом противоречивы. Такие проблемы, как зависимость концентрации различных микроэлементов в слюне в зависимости от длительности использования протезов и их площади, остаются малоизученными. В этой связи требуются дальнейшие исследования данной проблемы.

#### Ключевые слова:

Металлические ортопедические конструкции, сплавы металлов, микроэлементный состав слюны, полость рта.

**В** настоящее время распространенность основных стоматологических заболеваний среди населения, по данным многочисленных исследований, достигает 95–100%. Более того, стоматологический статус населения нашей страны имеет устойчивую тенденцию к ухудшению [12]. Одной из самых распространенных патологий является частичная адентия, которая обуславливает высокую потребность населения в ортопедической стоматологической помощи [10]. По данным литературы в данном виде помощи нуждаются более 70% населения нашей страны [1].

Между тем, протезирование нередко влечет за собой неблагоприятные последствия [4]. Патологические процессы развиваются после ортопедического лечения, по данным разных источников, у 0,7–43,0% пациентов [19,

22, 26]. В большинстве случаев они обусловлены тем, что материалы зубных протезов являются инородными для человека и поэтому могут способствовать развитию ряда нарушений, которые приводят к реакциям, направленным на устранение этих нарушений. Следует отметить, что реакция на материалы, используемые для изготовления протезов, в большинстве случаев не выходят за рамки адаптационно-приспособительных. Однако, при определенных условиях их влияние может развиться в патологию [23].

Так, нередко после ортопедического лечения развивается симптомокомплекс непереносимости зубных протезов, который включает в себя ряд заболеваний и патологических состояний органов и тканей ротовой полости. По данным разных авторов, к симптомокомплексу непе-

реносимости протезов можно отнести травмирующее, аллергическое, токсическое влияние зубных протезов, кандидоз полости рта, гальванизм, протетический стоматит, "протетический пародонтит", непереносимость стоматологических материалов, идиосинкразия, "сухой рот", контактный аллергический стоматит и др. [22, 28, 32]. Объективными признаками данного симптомокомплекса могут выступать такие симптомы как отек и гиперемия языка, губ, геморрагические элементы на слизистой оболочке ротовой полости (например, петехиальные кровоизлияния), а также элементы сыпи негеморрагического характера (эрозии, папулы) [22]. По данным некоторых авторов, возможно усиление процессов ороговения эпителия твердого неба у пациентов с непереносимостью кобальто-хромовых сплавов [30].

Более того, материалы протезных конструкций, которые контактируют с органами и тканями полости рта постоянно в течение весьма длительного времени (годами, десятилетиями), могут оказывать патологическое влияние не только на местном уровне, но и вызывать развитие патологических процессов в организме в целом – в виде усугубления течения уже имеющихся хронических заболеваний, инициации новых патологических процессов [18]. Так, данные ряда исследований свидетельствуют о вероятности развития общих осложнений у пациентов с установленными протезами из сплавов металлов, среди которых выделяют заболевания пищеварительного тракта, печени, расстройства со стороны нервной системы [15].

При этом, по мнению как зарубежных, так и отечественных исследователей, наиболее часто явления непереносимости зубных протезов связаны с повышенной чувствительностью пациентов к амальгаме – она выявляется примерно в 84% случаев. Несколько реже отмечается непереносимость некоторых сплавов металлов, из которых изготавливаются несъемные конструкции – ее частота варьирует, по разным данным, от 5% до 11%. Примерно с той же частотой диагностируется гиперчувствительность к базисным пластмассам (2–11% случаев), несколько реже – к фиксирующим цементам (у 4% пациентов) [11, 27, 29, 31].

Одной из причин развития патологического влияния металлических материалов зубных протезов на состояние полости рта и организма в целом является выход ионов сплавов металлов в слюну [3, 13]. В современной ортопедической стоматологии нашли применение множество самых разных металлов и сплавов из них – в настоящее время зубные протезы изготавливаются из нержавеющей стали, серебряно-палладиевых и хромокобальтовых сплавов, а также сплавов на основе платины и золота. Современные металлокерамические протезы изготавливаются с применением сплавов на основе никеля,

которые содержат хром, железо, титан, кремний, марганец, молибден, палладий, кобальт, цинк, золото серебро и другие металлы. Детали зубных протезов соединяются с помощью припоев, которые также содержат металлы – медь, серебро, цинк, марганец, кадмий, магний и другие элементы. Для штампов применяются легкоплавкие сплавы, содержащие олово, свинец, висмут и ряд других элементов.

Между тем, никель, который является составной частью нержавеющей стали, в полости рта подвергается коррозии под воздействием слюны, следствием его может быть развитие аллергических реакций. Хром, применяемый в ортопедической стоматологии для изготовления протезов, может вызывать аллергические реакции. Также алергизация организма пациента возможна при использовании протезов, содержащих марганец и кобальт [20].

Что касается изменений микроэлементного состава слюны у пациентов, использующих металлосодержащие зубные протезы, то в ряде некоторых исследований было показано, что эти изменения могут быть весьма существенными. Так, Л.Д. Гожая (2000) в своей работе продемонстрировала, что у пациентов с непереносимостью протезов из нержавеющей стали наблюдается увеличение содержания в слюне меди в 7 раз, железа в 5,5 раза, марганца в 1,7 раза, свинца в 6 раз [6]. В другом исследовании аналогичные тенденции были зафиксированы у больных с непереносимостью к металлическим зубным протезам – было выявлено увеличение содержания в слюне никеля в 3,4 раза, хрома в 6 раз [3]. При коррозии золотых и серебряно-палладиевых сплавов зафиксировано увеличение концентрации в слюне кадмия. В 2–3 раза возрастает содержание в слюне пациентов с протезами, изготовленными из нержавеющей стали, страдающих токсическим стоматитом, таких микроэлементов как серебро, железо, никель, хром, свинец, медь, олово и др. В работе Ю.У. Эргашева (2002) было показано, что после установки протезов из нержавеющей стали с напылением нитрида титана у пациентов происходит снижение содержания в слюне магния (через 5 суток) и увеличивается содержание кальция и меди (на 15–20 суток) [24]. Протезы из нержавеющей стали без напыления нитрида титана уменьшают содержание кальция, калия, магния в слюне (через 5–20 суток). Зубные протезы из металлокерамики способствуют возрастанию содержания меди в слюне через 5 суток после протезирования (на 6,4 мг%), а затем этот показатель снижается от 4,2 до 4,4 мг% по сравнению с содержанием до протезирования.

При этом взаимосвязь между изменением микроэлементного состава слюны и клиникой синдрома непереносимости протезов не вызывает сомнений – в исследовании Л.Д. Гожей (1988) была установлена прямая зависи-



мость между количественным содержанием микроэлементов слюны, их качественным составом и клиническими проявлениями токсических реакций [5]. Другие авторы также обнаружили, что под влиянием ионов хрома и никеля, выделяющихся при использовании протезов из нержавеющей стали, возможно развитие сенсибилизации организма, в том числе – аллергических реакций. Кроме того, по мнению исследователей, эти ионы могут играть роль в развитии хронических заболеваний ротовой полости – таких как гальваноз, красный плоский лишай, кандидоз и др. [2, 7, 22, 31]. Так, Т.И. Арунов (2010) в своем исследовании показал, что у пациентов с гальванозом и красным плоским лишаем слизистой оболочки рта, возрастает концентрация в смешанной слюне ионов натрия в 1,3 раза, калия в 5,5 раза, алюминия в 2,8 раза, никеля в 2,1 раза, кадмия в 2,1 раза, стронция в 2,1 раза, железа в 2,3 раза, марганца в 3,2 раза [2]. Одновременно снижается содержание кальция в 2,2 раза, цинка в 2,3 раза, меди в 2,3 раза. Практически аналогичные изменения микроэлементного состава слюны автор обнаружил и у больных с признаками гальваноза, но без симптомов красного плоского лишая.

Интересные даны были получены А.Ю. Медведевым (1996). Автор продемонстрировал, что в ротовой жидкости человека существует устойчивое соотношение концентраций микроэлементов, который нарушается при протезировании металлическими зубными протезами. Эти нарушения специфичны для каждой группы пациентов с протезами из одинаковых сплавов металлов. При этом на баланс микроэлементов в ротовой жидкости не оказывает непосредственного влияния ни величина площади поверхности металлического зубного протеза, ни пол пациентов. Однако, существуют статистически достоверные взаимосвязи между концентраций микроэлементов ротовой жидкости (особенно кобальта и серебра) и электрохимическими явлениями в полости рта (в частности, разностью между максимальным и минимальным потенциалом протеза). В отличие от других авторов, исследователь утверждает, что развитие явлений переносимости материала металлических зубных протезов не имеет прямой зависимости от нарушений баланса микроэлементов ротовой жидкости. Оно определяется совокупностью нескольких показателей: площадью протезов, разностью между максимальным и минимальным потенциалом и средним потенциалом протеза, высокими значениями pH слюны и концентрации золота [14].

Следует отметить, что изменения микроэлементного состава слюны у лиц с металлическими зубными протезами, как указывалось выше, не ограничивается лишь местными изменениями слизистой оболочки полости рта. Данные ряда исследований свидетельствуют о том, что ионы металлов, выделяющиеся из сплавов протезных конструкций в ротовую жидкость, резорбируются слизи-

стой оболочкой полости рта в силу ее довольно высокой проницаемости [8]. Кроме того, некоторые тяжелые металлы, содержащиеся в сплавах (свинец, ртуть, цинк, никель, хром) проглатываются с пищей и слюной, а затем происходит их накопление в слизистой оболочке желудка, кишечника, откуда они поступают в печень. При этом происходит достоверное возрастание содержания никеля, марганца и свинца в желудочном соке и крови, что может привести к развитию хронической интоксикации. Кроме того, увеличивается содержание меди и железа в моче, что чревато поражением почек и мочевыделительной системы [5].

Среди причин, способствующих поступлению микроэлементов из сплавов зубных протезов в слюну с последующей резорбцией, обсуждается гальваническая коррозия, коррозия металлических конструкций протезов под действием агрессивной среды слюны, износ металлической поверхности [16]. Следовательно, полость рта представляет собой агрессивную среду, микроэлементный состав которой носит переменный характер и обусловлен химической активностью слюны.

Кроме того, выходу микроэлементов в полость рта может способствовать и ряд других факторов – например, сопутствующие хронические соматические заболевания. Так, в работе Т.Г. Исаковой (2007) было установлено, что у лиц с хроническим гастритом и гальванозом концентрация в слюне таких элементов как Ni, K, Sr, Mg, Cr, Al, Li, Fe, Zn, повышено по сравнению с их содержанием в слюне лиц без гастрита [9]. По мнению автора, этот факт отражает более выраженный электрохимический процесс в полости рта у пациентов с хроническим гастритом по сравнению с лицами, у которых был выявлен только гальваноз. В свою очередь, Т.В. Тушина (2008) показала, что при одинаковом состоянии полости рта у больных гипертонической болезнью, пользующихся металлическими зубными протезами, содержание элементов металлов в смешанной слюне выше по сравнению с лицами без сопутствующих хронических соматических заболеваний [21]. Автор расценивает этот факт как свидетельство более выраженной активности коррозионных процессов протезов из металлических сплавов у лиц с соматической патологией.

В работе М.А. Прокоповой (2015) обнаружены и различия выходов микроэлементов в ротовую жидкость в зависимости от вида сплава [17]. Так, наименьшие изменения состава смешанной слюны происходили у пациентов с протезами из никельхромового и кобальтохромового сплавов. В то же время, наибольшее содержание никеля в смешанной слюне обнаруживается у пациентов с протезами из никельхромового сплава.

В другом исследовании было отмечено, что в искус-

ственную слюну ионы высвобождаются только из неположенных сплавов [25]. При этом минимальное влияние на микроэлементный состав слюны оказывают цельнолитые протезы. Г.В. Банченко с соавт. (2012) выявили только возрастание концентрации ионов железа и натрия до  $20,39 \pm 0,15$  и  $16,52 \pm 0,25$  ммоль/л соответственно, тогда как у пациентов с металлокерамическими протезными конструкциями было выявлено некоторое увеличение содержания фосфатов, хлоридов и ионов кальция [3].

По данным исследователей среди всех исследованных конструкций, выполненных из различных материалов, наибольшее влияние микроэлементный гомеостаз ротовой жидкости оказывают мостовидные штампованные паяные протезы с тринитрид-титановым покрытием. У пациентов с такими протезами были выявлены существенные изменения концентрации ионов натрия, калия, кальция, железа, магния и фосфатов.

Таким образом, изменения микроэлементного состава слюны у пациентов с металлосодержащими ортопедическими конструкциями изучены сравнительно хорошо,

хотя ряд вопросов остается нерешенным. Так, не до конца выяснена зависимость концентрации различных микроэлементов в слюне от давности протезирования, площади протезов. Малоизученным является и вопрос взаимосвязи изменения микроэлементного состава слюны с развитием заболеваний желудочно-кишечного тракта, другими заболеваниями и патологическими состояниями организма, а также с изменениями резистентности слизистой оболочки ротовой полости, ее микрофлоры и pH. Кроме того, практически отсутствуют работы по изучению микроэлементного состава слюны и показателей местного иммунитета полости рта у пациентов с ортопедическими конструкциями, не содержащими металлов. Весьма перспективным представляется также изучение изменений состава слюны и местных иммунных процессов у лиц с металлосодержащими вкладками в корневых каналах – подобные исследования в доступной современной литературе отсутствуют. Между тем, изучение указанных вопросов позволило бы существенно снизить частоту развития осложнений протезирования. В этой связи проведение исследований в названных направлениях представляется весьма актуальным и значимым.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алимский А.В., Белецкий Г.В., Карцев А.А. Показатели потери зубов у взрослого населения, обратившегося за ортопедической помощью в ЦНИИС // *Стоматология для всех*. – 2004. – №2. – С. 36–37
2. Арунов Т.И. Влияние электрохимических факторов гальваноза на течение красного плоского лишая слизистой оболочки полости рта: автореф. дисс.канд.мед.наук. – М., 2010. – 22 с.
3. Банченко Г.В., Флейшер Г.М., Суворов К.А. Электромагнитная аллергия – гальваноз // *Медицинский алфавит*. Стоматология. – 2012. – №2. – С. 42–51
4. Бровко В.В. Клинико-эпидемиологический анализ результатов ортопедического лечения больных с частичным отсутствием зубов с учетом возрастных показателей: автореф. дисс.канд.мед.наук. – М., 2011. – 21 с.
5. Гожая Л.Д. Аллергические заболевания в ортопедической стоматологии. – М.: Медицина, 1988. – С. 160
6. Гожая Л.Д. Аллергические и токсико-химические стоматиты, обусловленные материалами зубных протезов: Метод.пособие для врачей-стоматологов. – М.: Медицинское информационное агентство. – 2000. – 31 с.
7. Гожий А.Г. Профилактика заболеваний, обусловленных электрохимическими процессами в полости рта при ортопедическом лечении: автореф. дисс...канд.мед.наук. – М., 1997. – 16 с.
8. Грудянов А.И., Дмитриева Л.А., Максимовский Ю.М. Пародонтология: современное состояние, вопросы и направления научных // *Пародонтология*. – 1998. – №9. – С. 5–7
9. Исакова Т.Г. Диагностика, лечение и профилактика гальваноза при хроническом гастрите у лиц пожилого и старческого возраста: автореф. дисс...канд.мед.наук. – М., 2007. – 26 с.
10. Ислам Н., Мустафаева Ф.М., Мустафаева С.М. Прогнозирование потребности в дентальной имплантации в Северо-Кавказском регионе // *Здоровье и образование в XXI веке*. – 2010. – Т. 12, №4. – С. 190
11. Легошин С.Н. Применение съемных протезов с базисом из полиуретана у пациентов с непереносимостью акриловых базисных материалов // *DentalForum*. – 2012. – № 4. – С. 57–60.
12. Леус П.А. Федеральная государственная программа первичной профилактики стоматологических заболеваний среди населения России (проект). / П.А. Леус, Э.М. Кузьмина, Л.Н. Максимовская и др. – М., 2011. – 53 с.
13. Майборода Ю.Н., Гаман М.В., Урясьева Э.В. Непереносимость материалов зубных конструкций // *Медицинский вестник Северного Кавказа*. – 2014. – Т. 9, №3. – С. 286–291
14. Медведев А.Ю. Нарушение баланса микроэлементов ротовой жидкости больных, пользующихся металлическими зубными протезами: автореф. дисс.канд.мед.наук. – Спб., 1996. – 23 с.
15. Михайлова Е.С., Зайцева А.Г., Гайкова О.Н. Экспериментальное исследование действия на ткани различных сплавов металлов или их сочетаний, моделирующих гальваническую ситуацию // *Институт стоматологии*. – 2005. – №4. – С. 96–98

16. Оскольский Г.И., Щеглов А.В. Анализ местного и общего иммунитета при одонтопрепарировании // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – №12. – С. 11–14
17. Прокопова М.А. Профилактика гальванизма при зубном протезировании музыкантов, играющих на духовых инструментах: автореф. дисс...канд.мед.наук. – М., 2015. – 25 с.
18. Рубленко С.С. Влияние зубных протезов из акриловой пластмассы и нейлона на неспецифическую резистентность и микрофлору полости рта: автореф. дисс...канд.мед.наук. – Красноярск, 2012. – 20 с.
19. Сафаров А.М. Показатели иммунологической реактивности тканей полости рта при съемном протезировании // *Институт стоматологии*. – 2010. – №2. – С. 52–53.
20. Сергеев Ю.В., Гусева Т.П. Аллергия к материалам, применяемым в ортопедической стоматологии // *Лечащий врач*. – 2004. – №3. – С. 20–24
21. Тушина Т.В. Влияние металлических сплавов, применяемых в ортопедической стоматологии, на ткани полости рта у больных гипертонической болезнью: автореф. дисс...канд.мед.наук. – М., 2007. – 22 с.
22. Цимбалистов А.В., Лобановская А.А., Михайлова Е.С. Диагностика непереносимости конструкционных стоматологических материалов в клинике ортопедической стоматологии // *Дентал Юг*. – 2012. – №2. – С. 30–32
23. Цимбалистов А.В. Факторы местной иммунореактивности у больных с непереносимостью стоматологических конструкционных материалов / А.В. Цимбалистов, Е.С. Михайлова, Н.В. Шабашова и др. // *Институт стоматологии*. – 2005. – №1. – С. 66–68
24. Эргашев Ю.У. Гигиеническая оценка влияния зубных протезов на состояние полости рта: автореф. дисс...канд.мед.наук. – Иркутск, 2002. – 19 с.
25. Can G., Akpinar G., Aydin A. The release of elements from dental casting alloy into cell-culture medium and artificial saliva // *Eur. J. Dent*. – 2007. – Vol.1. – P. 86–90
26. Emami E., Taraf H., de Grandmont P. et al. The association of denture stomatitis and partial removable dental prostheses: a systematic review // *Int. J. Prosthodont*. – 2012. – Vol.25. – P. 113–119
27. Evrard L., Parent D. Oral allergies to dental materials // *Bull. Group Int. Rech. Sci. Stomatol. Odontol*. – 2010. – Vol. 21, №49. – P. 14–18.
28. Gendreau L., Loewy Z.G. Epidemiology and etiology of denture stomatitis // *J. Prosthodont*. – 2011. – Vol.20. – P. 251–260
29. Gociu M., Patroi D., Prejmorean C. et al. Biology and cytotoxicity of dental materials: an in vitro study // *Rom. J. Morphol. Embryol*. – 2013. – Vol.54. – P. 261–265
30. Lukomska-Szymanska M., Brzezinski P.M., Zielinski A. et al. Cytological response of palatal epithelium to TiN-coated CoCr alloy denture // *Folia Histochem. Cytobiol*. – 2012. – Vol.24, №50. – P. 104–110
31. Pillai A.R., Gangadharan A., Gangadharan J. et al. Cytotoxic effects of the nickel release from the stainless steel brackets: An in vitro study // *J. Pharm. Bioallied. Sci*. – 2013. – Vol.5. – P. 1–4
32. Villa A., Abati S. Risk factors and symptoms associated with xerostomia: a cross-sectional study // *Aust. Dent. J*. – 2011. – Vol.56. – P. 290–295.

© А.М. Аванесов, А. Зурначян, ( am\_avanes@list.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».



# ДИНАМИКА УРОВНЯ ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ НА ФОНЕ НЕГОРМОНАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ КЛИМАКТЕРИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ У ПАЦИЕНТОК С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ

DYNAMICS OF THE LEVEL  
OF THE SEXUAL HORMONES  
AGAINST THE BACKGROUND  
OF THE NONHORMONAL CORRECTION  
OF CLIMACTERIC DISORDERS  
IN PATIENTS WITH THE METABOLIC  
SYNDROME

*R. Berihanova  
I. Minenko*

#### Annotation

Are represented the results of the randomized study with the participation of 120 women, who suffer the metabolic syndrome (ms), in the age from 45 to 50 years. Were determined the levels of the follicle stimulating hormone (FSG), luteinizing hormone (LG), estradiol in the dynamics against the background of the application of different combinations of the nonhormonal methods of the correction of the disorders dependent on age. On the completion of six months of therapy substantial changes in the hormonal background are revealed in the basic group of patients, who used the nonhormonal complex (diet therapy, psychotherapy, fiziotherapy, the therapeutic exercise) and the the orally vitamin mineral complex: a decrease in the level FSG to 35,2%, LG– to 25,2%, raising the level of estradiol by 76,3%. The obtained results demonstrate the positive influence of the association of the alternative methods of the correction of climacteric disorders in patients with ms to the hormonal profile, which makes it possible to speak about the pathogenetic validity of the nonmedicamental therapy.

**Keywords:** climacteric syndrome, metabolic syndrome (MS), folliculostimuliruyushchiy hormone (FSG), luteinizing hormone (LG), estradiol.

*Бериханова Румиса Рамзановна  
К.м.н., врач акушер–гинеколог,  
ФБУ Центральная клиническая больница  
Гражданской авиации, г. Москва  
Миненко Инесса Анатольевна  
Д.м.н., профессор, ГБОУ ВПО  
"Первый Московский государственный  
медицинский университет  
им. И.М. Сеченова"*

#### Аннотация

Презентированы результаты проспективного, рандомизированного исследования 120 женщин, страдающих метаболическим синдромом (МС), в возрасте от 45 до 50 лет. Оценивались уровни фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), лютеинизирующего гормона (ЛГ), эстрадиола в динамике на фоне применения негормональных методов коррекции возрастных расстройств. По истечению шести месяцев терапии наиболее значимые изменения гормонального фона выявлены в основной группе пациенток, применявших нелекарственный комплекс (диетотерапия, психотерапия, физиолечение, лечебная физкультура) и перорально витаминно– минеральный комплекс: снижение уровня ФСГ на 35,2 %, ЛГ– на 25,2 %, повышение уровня эстрадиола на 76,3%. Полученные результаты демонстрируют положительное влияние комплексной негормональной коррекции климактерических расстройств у пациенток с МС на гормональный профиль, что позволяет говорить о ее патогенетической обоснованности.

#### Ключевые слова:

Климактерический синдром, метаболический синдром (МС), фолликулостимулирующий гормон (ФСГ), лютеинизирующий гормон (ЛГ), эстрадиол.

## ВВЕДЕНИЕ

Междисциплинарная проблема МС в настоящее время является особенно актуальной [1]. Климактерий ассоциирован с изменением гормонального фона, что проявляется в дефиците эстрадиола, повышении ФСГ и ЛГ, снижении продукции в печени стероидсвязывающего глобулина, усилении андрогенного воздействия [2]. Негативное влияние возрастных гормональных сдвигов выражается в возникновении ранних (вазомоторных и психоэмоциональных), средневременных (урогенитальных) и

поздних (сердечно–сосудистые заболевания, остеопороз) расстройств. Формируется менопаузальный метаболический синдром, базой которого является прогрессирующая инсулинорезистентность. Дисбаланс всех видов обменных процессов становится основой формирования порочного круга: метаболический синдром – климактерий.

Ключевым методом лечения возрастных нарушений является менопаузальная гормонотерапия (МГТ) [3,4]. Однако наличие противопоказаний к МГТ, негативное от–

ношение женщины, одновременный прием большого количества медикаментов ограничивают применение эстрогенсодержащих препаратов. Современные ориентиры на демедикализацию и снижение нежелательных эффектов полипрагмазии заставляют изыскивать эффективные нелекарственные способы коррекции климактерических расстройств у пациенток с метаболическим синдромом.

Цель работы: оценить влияние негормональной комплексной коррекции климактерических нарушений у женщин с метаболическим синдромом на уровень половых гормонов.

#### Материалы и методы

Проведено сравнительное клиническое исследование 120 женщин в возрасте 45–50 лет.

##### Критерии включения:

- ◆ женщины 45–50 лет в климактерическом периоде, страдающие метаболическим синдромом, установленным согласно критериям International Diabetes Federation (2005);
- ◆ отсутствие применения МГТ в анамнезе.

##### Критерии исключения:

- ◆ наличие у женщины острых заболеваний или хронических заболеваний в стадии обострения, злокачественных или не верифицированных опухолей, тяжелой органной недостаточности; индивидуальной непереносимости физических факторов, компонентов витаминно-минерального средства.

Все пациентки дали информированное добровольное согласие на участие в исследовании. Средний возраст женщин 47,2±3,2 года. Сформированы 3 равные группы по 40 пациенток в каждой. Группы были сопоставимы по социальному и образовательному уровням, возрасту, региону проживания, профилю эстрагенитальной патологии.

В основной группе применялся нелекарственный комплекс (диетотерапия, психотерапия, физиолечение, лечебная физкультура) и перорально витаминно-минеральный комплекс. Пациентки первой группы сравнения использовали только нелекарственный комплекс. Во второй группе сравнения терапия ограничивалась приемом витаминно-минерального комплекса.

С помощью автоматического иммуноферментного анализатора "NexGen" ("ADALTIIS", Италия) в сыворотке крови с применением набора реактивов "Алкор Био" (Россия) определялись уровни ФСГ, ЛГ. Уровень эстрадиола исследовался с использованием диагностических

ИФА-наборов "ELISA's" ("DRG", Германия). Исследование проводилось в динамике: до начала лечения и по истечению шести месяцев терапии.

Статистический анализ результатов исследования был осуществлен с использованием стандартного пакета программ Microsoft Office 2010 (Microsoft Excel) и "STATISTICA® for Windows 6.0". Количественные параметры представлены в работе в виде  $M \pm m$ , где  $M$  – среднее арифметическое,  $m$  – его стандартное отклонение. Достоверность различий между группами определялась по  $t$ -критерию Стьюдента. Рассчитывался коэффициент корреляции ( $r$ ). статистически значимым принималось значение  $p < 0,05$ .

#### Результаты и обсуждение

Исходные уровни ФСГ в основной группе, первой и второй группах сравнения были равны соответственно 34,7±5,6 мМЕ/мл, 33,2 ±4,9 мМЕ/мл и 33,4±5,1 мМЕ/мл. По истечению шести месяцев терапии в основной группе отмечено снижение уровня ФСГ до 22,5±2,5 мМЕ/мл, то есть на 12,2 мМЕ/мл (35,2% от исходного) ( $p < 0,05$ ). Наименее значимое уменьшение данного показателя зафиксировано в первой группе сравнения – до 29,9±2,2 мМЕ/мл, что составило 3,3 мМЕ/мл (9,9% от исходного) ( $p > 0,05$ ). Во второй группе сравнения уровень ФСГ по прошествии шести месяцев лечения оказался равным 25,0±2,3 мМЕ/мл, то есть регрессировал на 8,4 мМЕ/мл (на 25,1 % от исходного) ( $p < 0,05$ ).

Стартовые уровни ЛГ в основной группе, первой и второй контрольных группах сравнения были также сравнимы: 13,5±2,1 мМЕ/мл, 13,4±1,8 мМЕ/мл и 13,1±1,9 мМЕ/мл. Через шесть месяцев терапии показатель максимально снизился в основной группе до 10,1±1,7 мМЕ/мл, то есть на 3,4 мМЕ/мл (25,2% от исходного) ( $p < 0,05$ ). В первой группе сравнения по истечению шести месяцев терапии уровень ЛГ уменьшился до 12,4±2,0 мМЕ/мл, то есть на 0,7 мМЕ/мл (5,2% от исходного) ( $p > 0,05$ ). Во второй группе сравнения указанный параметр через шесть месяцев приема витаминно-минерального комплекса снизился до 11,2±1,8 мМЕ/мл, то есть на 1,9 мМЕ/мл (14,5% от исходного) ( $p < 0,05$ ).

Исходные уровни эстрадиола в основной группе, первой и второй группах сравнения составили 233,3±25,5 пмоль/л, 239±28,9 пмоль/л и 241,1±28,4 пмоль/л соответственно. После шести месяцев негормонального лечения в основной группе отмечено повышение уровня эстрадиола – до 411,3±29,7 пмоль/л, то есть на 178,0 пмоль/л (76,3% от исходного) ( $p < 0,05$ ). При этом в первой группе сравнения данный показатель увеличился до 283,4±27,8 пмоль/л, то есть на 43,6 пмоль/л (18,2% от

исходного) ( $p > 0,05$ ). Во второй группе сравнения уровень эстрадиола прогрессировал до  $337,3 \pm 28,3$  пмоль/л, то есть на 96,2 пмоль/л (на 39,9% от исходного) ( $p < 0,05$ ).

Результаты исследования позволяют говорить о положительном влиянии негормональных способов коррекции климактерических нарушений на уровень половых гормонов у женщин с МС, что проявляется в достоверном снижении уровней ФСГ и ЛГ, повышении уровня эстрадиола. Комплексный подход, включающий применение немедикаментозного лечения в сочетании с пероральным

приемом витаминно-минерального средства является наиболее эффективным в сравнении с применением данных методов по отдельности.

#### ВЫВОДЫ

Немедикаментозное воздействие в сочетании с приемом витаминно-минерального средства оказывает положительное регулирующее влияние на гормональный фон женщин с МС в климактерии, что особенно актуально при отсутствии возможности применения МГТ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Santos A.C., Severo M., Barros H. Incidence and risk factors for the metabolic syndrome in an urban South European population // *Prev. Med.* – 2010. – Vol.50. – №3. – P.99–105.
2. Кузьмина –Крутецкая С.Р., Репина М.А. Метаболический синдром у женщин/ Методические рекомендации.–Санкт–Петербург.–ИЗДАТЕЛЬСТВО Н-Л.–2011.–С.43–47.
3. Н.М.Подзолкова, И.В.Кузнецова, В.В. Коренная. Гормональная терапия в пери– и постменопаузе: руководство для врачей/М.–ГЭОТАР–Медиа.–2012.–112с.
4. Ольховская М.А., Сметник А.А.Селективные модуляторы эстрогеновых рецепторов//. Акуш и гин.– 2011.–№6.– С.31–35.

© Р.Р. Бериханова, И.А. Миненко, ( gumiska07@mail.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



Центральная клиническая больница Гражданской авиации

# РОЛЬ ВРЕМЕННОЙ ИММОБИЛИЗАЦИИ ЗУБОВ В КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ПАРОДОНТА

## THE ROLE OF TIME IMMOBILIZATION TEETH IN THE COMPLEX REHABILITATION OF PATIENTS WITH PERIODONTAL DISEASE

*T. Klimova  
V. Stepanov  
N. Klimova  
V. Derbitova*

### Annotation

Currently, there are several methods of temporary immobilization of the teeth. It is known that the temporary splinting of teeth to enhance the quality of medical measures.

To evaluate the effectiveness of different methods of temporary splinting conducted the examination and treatment of 32 patients with chronic generalized periodontitis of moderate to severe. All patients underwent comprehensive dental rehabilitation using direct and indirect methods of immobilization time. Focusing on the results of the study found that the treatment of periodontal disease for quite a long and consists of several stages. It can be effective only if a multidisciplinary approach. Selecting a temporary splinting techniques should be performed individually in each case.

**Keywords:** Comprehensive treatment of periodontal disease, "Glass Span", "Ribbond", a direct system of temporary immobilization, the effectiveness of treatment of patients with periodontal disease.

*Климова Татьяна Николаевна  
Степанов Василий Андреевич  
Климова Наталья Николаевна  
Дербитова Валерия Валерьевна  
ГБОУ ВПО  
"Волгоградский Государственный  
Медицинский Университет"*

### Аннотация

В настоящее время существуют несколько методов временной иммобилизации зубов. Известно, что временное шинирование зубов позволяет повысить качество лечебных мероприятий.

Для оценки эффективности различных методов временного шинирования проводилось обследование и лечение 32 пациентов с диагнозом хронический генерализованный пародонтит средней и тяжелой степени тяжести. Всем пациентам была проведена комплексная стоматологическая реабилитация с использованием прямой и непрямой методики временной иммобилизации. Ориентируясь на результаты исследования, установлено, что лечение заболеваний пародонта достаточно длительное и состоит из нескольких этапов. Оно может быть эффективным только при условии мультидисциплинарного подхода. Выбор методики временного шинирования должен осуществляться индивидуально в каждом случае.

### Ключевые слова:

Комплексное лечение заболеваний пародонта, "Glass Span", "Ribbond", прямая система временной иммобилизации, эффективность лечения пациентов с заболеваниями пародонта.

## ВВЕДЕНИЕ

Заболевания пародонта представляют собой серьезную проблему современной стоматологии. При своей высокой распространенности, составляющей от 80 до 95% в возрастной группе старше 35 лет, эти заболевания сопровождаются частичным отсутствием зубов или обнажением корней, что в свою очередь приводит к ослаблению функциональных возможностей зубов [1,3].

Достижение успеха при лечении заболеваний пародонта возможно только при комплексном подходе, который направлен на устранение воспаления, снятие напряжения с маргинальной десны путем коррекции преддверия полости рта и уздечек, восстановление структуры костной ткани альвеолярного отростка с помощью хирургических методов и использования остеопластических материалов, шинирование зубов и устранение суперконтактов [2,3].

Однако в стоматологической практике по-прежнему не уделяется должного внимания этапу временного шинирования, который является обязательным условием успеха лечения заболеваний пародонта.

Применение временной иммобилизации показано в период проведения консервативных и хирургических манипуляций, после которых возможно возникновение воспалительного отека и увеличение патологической подвижности зубов. Шинирование зубов на данном этапе способствует ослаблению негативного влияния на репаративные процессы в пародонте и восстановлению фи-

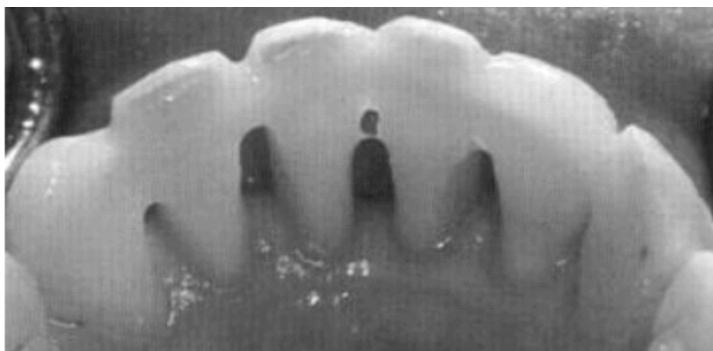


Рис.1. Система временной иммобилизации "Glass Span".

зиологического равновесия в полости рта, повышая тем самым эффективность лечения рассматриваемой патологии [4].

В настоящее время стремительными темпами развиваются технологии адгезивного протезирования, позволяющие решать проблему иммобилизации зубов и восстановления непрерывности зубных рядов с минимальным инвазивным вмешательством на твердых тканях зубов, исключая лабораторный этап [2]. Наиболее популярными временными шинами на сегодняшний день являются адгезивные конструкции на основе неорганической матрицы "Glass Span", "Splint-it" (рис.1).

Кроме того, широко используются материалы на основе органической матрицы – полиэтиленовые волокна "Ribbond", а также шинирование металлической арматурой, зафиксированной с использованием адгезивных систем (рис.2,3).

Каждый вид иммобилизации подбирается пациенту индивидуально в зависимости от объема редуцированных тканей пародонта, объема костной ткани, дефекта зубного ряда и вида прикуса.

Цель работы – оценить современные методы прямой и непрямой систем временной иммобилизации зубов в комплексной реабилитации пародонтологических пациентов.

Материалы и методы: для достижения поставленной цели 32 пациентам с диагнозом "хронический генерализованный пародонтит" было проведено комплексное лечение, включающее в себя временную иммобилизацию зубов на момент консервативных мероприятий.

*Все пациенты были градированы на две группы:*

I группа (17 человек) – иммобилизацию зубов прово-



Рис.2. Система временного шинирования "Ribbond".



Рис.3. Стальная многопрядевая дуга D-Rect.016x.022, фиксированная на фотокомпозит.

дили прямой методикой с использованием системы "Glass Span".

II группа (15 человек)– иммобилизацию зубов проводили непрямой методикой с использованием стальной проволоки D-Rect .016x.022 (Ormco).

Для проведения исследования оценивались следующие параметры: 1 – механизм стабилизации зубных рядов; 2 – инвазия твердых тканей; 3 – время затраченное на работу; 4 – гигиенические характеристики; 5 – уровень комфортности пациентов.



Результаты и обсуждения: пациентам I группы зубные ряды стабилизировались по функциональным группам – передняя и сагиттальная; в то время как во II группе стабилизация зубных рядов осуществлялась по дуге.

В случае шинирования зубов со 2–3–й степенью подвижности по системе "Glass Span", необходима жесткая стабилизация, которая достигается созданием продольной борозды для позиционирования арматуры.

Инвазия твердых тканей при использовании не прямой методики иммобилизации не требовалась.

Для правильного позиционирования и фиксации лингвальной шинирующей арматуры на гипсовую модель у врача тратится намного больше времени и мануальных навыков, чем при использовании прямой методики.

В I группе через месяц после фиксации шинирующей арматуры у 10 человек (58,8%) отмечался низкий уровень гигиены, у 7 (41,2%) средний.

Во II группе, у 12 (80,0%) пациентов отмечался средний уровень гигиены, у 3 (20,0%) низкий.

Анализ уровня дискомфортных ощущений показал, что пациенты II группы в течении 2–х недель после шинирования испытывали выраженные негативные ощущения, в отличии от пациентов I группы.

Временные шины применяются в течение всего пе-

риода комплексного лечения. Они позволяют устранить травматическое воздействие патологической подвижности и функции жевания, т.е. устранить один из патогенетических механизмов, поддерживающих гемодинамические нарушения при пародонтите. Шина обеспечивает равномерное распределение жевательного давления между пародонтом зубов, включенных в шину, и создает покой пораженным тканям и способствует повышению эффективности патогенетической и симптоматической терапии.

Для наглядности, описанный этап временной иммобилизации можно проследить на представленном клиническом случае пациента с хроническим генерализованным пародонтитом.

Пациент А., 39 лет, направлен в клинику на консультацию по поводу хронического генерализованного пародонтита и возможности проведения протетического лечения. Пациент предъявлял жалобы на подвижность всех зубов, оголение шеек передних зубов и затрудненное пережевывание пищи.

По данным внешнего осмотра лицо в пределах физиологической асимметрии, в состоянии относительного физиологического покоя определяется межокклюзионное пространство в пределах до 4 мм. Пальпация жевательных мышц безболезненная, открывание рта свободное.

В полости рта зубные ряды интактны, подвижность зубов III степени.

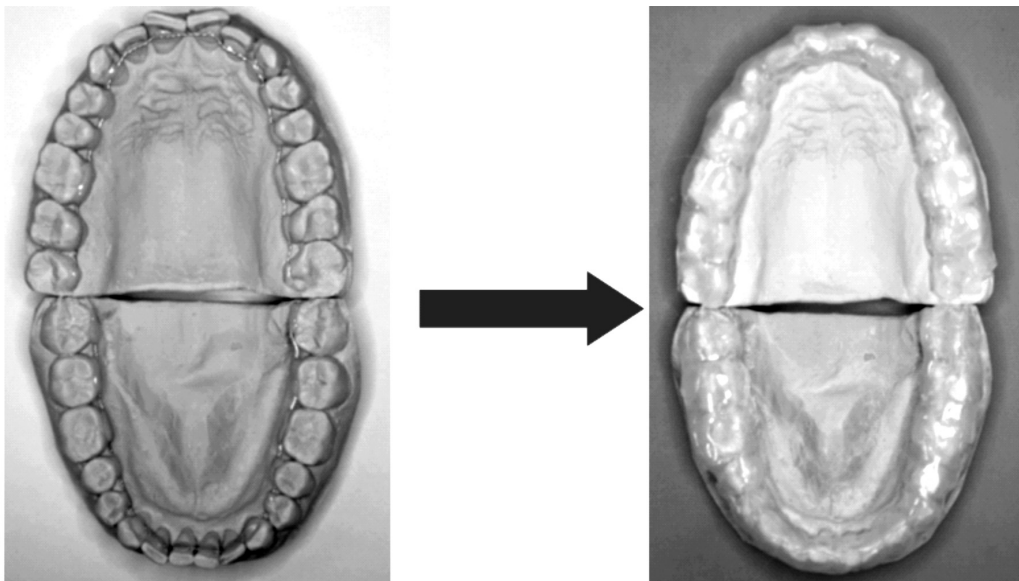


Рисунок 4. Индивидуализация шинирующих дуг и создание эластичных капп вакуум-формовочным способом на гипсовых моделях челюстей.

Для уточнения диагноза пациент был направлен на рентгенологическое исследование (ОПТГ, КТ–полное).

На основании клинико–рентгенологических исследований установлен диагноз: КО5.3 хронический генерализованный пародонтит тяжелой степени тяжести.

Пациенту был предложен весь комплекс лечебных мероприятий, описанных выше. Для повышения результата консервативных мероприятий все зубы были временно иммобилизованы.

По гипсовым моделям челюстей были предварительно индивидуализированы и преформированы шинирующие дуги D–Rect. 016x.022 (Ormco) на верхней челюсти и Respond (Ormco).0210 на нижней челюсти. Данные виды проволочных дуг используются в ортодонтической

практике, чаще в период ретенции. Фиксацию дуг в полости рта проводили непрямым способом. Для этого сначала подготовленные дуги фиксировали на моделях обеих челюстей лингвально с помощью светоотверждаемого композита "Green Glue" (Ormco). Затем в вакуумформере "Biostar" изготавливались каппы из эластопластин. (рис.4).

Каппы устанавливались в полости рта, дуги фиксировались лингвально, непрямым методом на жидкотекучий композиционный материал Filtek Flow (3M) (рис.5).

После извлечения эластичных капп из полости рта проводилась окончательная полимеризация фиксирующего материала, сглаживание острых краев и финишная обработка (рис.6).

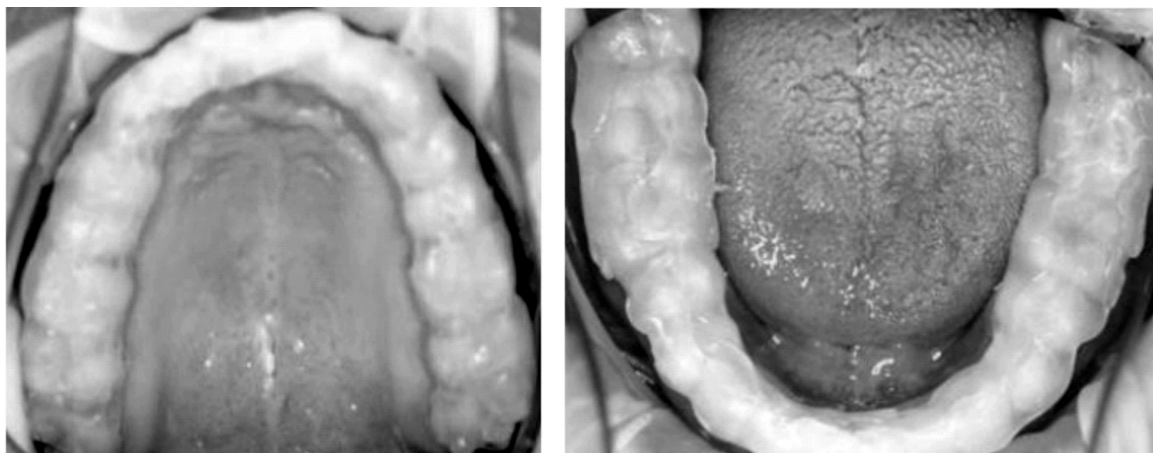


Рисунок 5. Припасовка и фиксация силиконовых капп с индивидуализированными шинирующими дугами в полости рта.

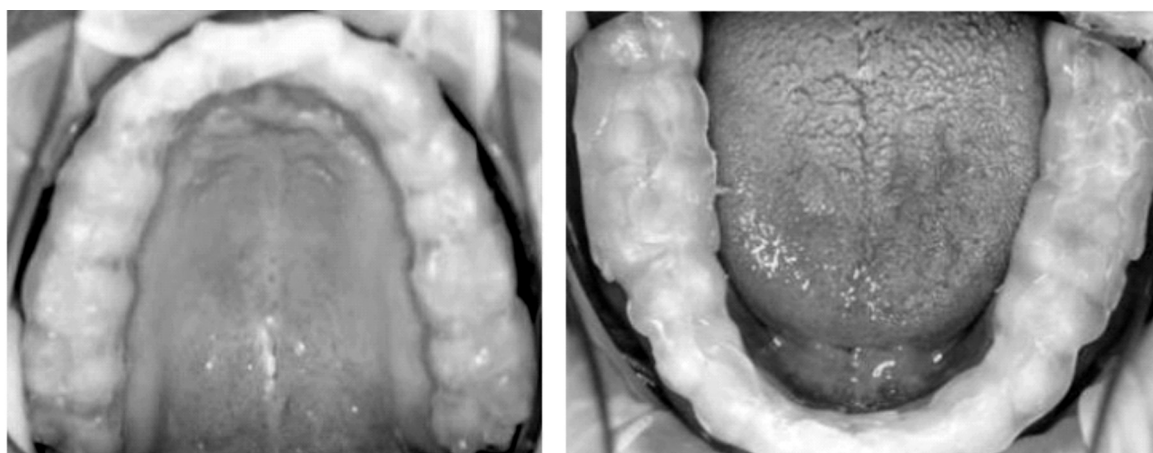


Рисунок 6. Иммобилизация подвижных зубов верхней и нижней челюстей шинирующими дугами.

Применение временного шинирования зубных рядов верхней и нижней челюстей позволило создать благоприятный фон для проведения консервативных мероприятий, также способствовало ослаблению негативного влияния патологической подвижности на репаративные процессы в пародонтальной системе.

#### ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований установлено, что временная иммобилизация подвижных зубов устраняет вторичную травматическую окклюзию, облегчает проведение консервативных мероприятий и благоприятно сказывается на уровне соединительнотканного при-

крепления.

Практическое использование различных технологий временного шинирования позволит врачу подобрать каждому пациенту наиболее подходящий метод иммобилизации.

Важно отметить, что правильная организация комплексного лечения пациентов с пародонтопатиями дает положительные результаты. Необходим тесный контакт специалистов различных профилей и выбор индивидуальной концепции лечения каждого конкретного пациента, что является залогом успеха в стоматологической реабилитации пародонтопатий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев В.А., Казакова А.В. Методы фиксации подвижных зубов при лечении хронического генерализованного пародонтита // Проблемы стоматологии. – 2014. – № 2. – С.4–7
2. Климова Т.Н., Степанов В.А., Рябикова Т.А. Использование различных видов шинирующих конструкций при лечении заболеваний пародонта // Современные тенденции развития науки и технологии. – 2015. – №6, часть 4. – С.55–57
3. Шемонаев В.И., Деревянченко Н.Н., Малолеткова А.А. Ортопедическое лечение пациентов с заболеваниями пародонта. Учебно-методическое пособие. Волгоград 2009. – 163 с.
4. Шемонаев В.И., Климова Т.Н., Тимачева Т.Б., Саргсян К.А., Мась Е.С., Малышевская Д.В. Системный подход в решении пародонтологических проблем как залог стоматологического здоровья населения // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2013. – №3. – С.52–55.
5. Давыдова Б.Н., Зернов К.А., Зернов А.В., Герасимов С.Н., Паршина М.А. Сравнительный анализ методов позиционирования лингвальных брекетов. Часть I. // Клиническая стоматология. – 2011. – №2. – С.38–39.

© Т.Н. Климова, В.А. Степанов, Н.Н. Климова, В.В. Дербитова, (Klimova1977@mail.ru), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».



ГБОУ ВПО "Волгоградский Государственный Медицинский Университет"

# ВОЗМОЖНОСТИ РЕНТГЕНЭНДОВАСКУЛЯРНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ В ЛЕЧЕНИИ МЕСТНО-РАСПРОСТРАНЕННОГО ПЛОСКОКЛЕТОЧНОГО РАКА ГОЛОВЫ И ШЕИ

## FEATURES ENDOVASCULAR INTERVENTIONS IN TREATMENT OF LOCALLY ADVANCED SQUAMOUS CELL CARCINOMA HEAD AND NECK

*Y. Konstantinova  
E. Ustinova  
A. Redkin*

### Annotation

Head and neck cancer is one of the most vital medico-social problems of modern oncology. The significance of this issue from the functional, social, and aesthetic points of view accounts for the necessity of integrated approach to the treatment of such category patients. The article reveals the opportunities and prospects for endovascular interventions as a sparing technique in these patients. The purpose of this article – to determine the role of the method in the treatment of inoperable patients.

**Keywords:** head and neck cancer, chemoembolization, squamous cell carcinoma, regional chemotherapy, endovascular interventions.

**Константинова Юлия Сергеевна**  
Аспирант, ГБОУ ВПО "Воронежский  
Государственный Медицинский  
Университет им. Н.Н. Бурденко"

**Устинова Елена Юрьевна**  
Д.м.н., ГБОУ ВПО "Воронежский  
Государственный Медицинский  
Университет им. Н.Н. Бурденко"

**Редькин Александр Николаевич**  
Д.м.н., профессор, зав. каф. онкологии,  
лучевой терапии и лучевой диагностики,  
БУЗ ВО "Воронежский Областной  
Клинический Онкологический Диспансер"

### Аннотация

Рак головы и шеи является одной из важнейших медико-социальных проблем современной онкологии. Значимость этого вопроса с функциональной, социальной и эстетической точки зрения обуславливает необходимость комплексного подхода к лечению таких больных. Статья раскрывает возможности и перспективы рентгеноэндовазкулярных вмешательств как органосохраняющей методики у данной категории пациентов. Цель настоящей статьи – определить роль метода в лечении неоперабельных больных.

### Ключевые слова:

Рак головы и шеи, химиоэмболизация, плоскоклеточный рак, регионарная химиотерапия, рентгеноэндовазкулярные вмешательства.

**П**овышение эффективности лечения опухолей головы и шеи является актуальной проблемой современной клинической онкологии, что обусловлено, с одной стороны, относительно высокой частотой встречаемости, а с другой – трудностями терапии местно-распространенных форм данных заболеваний.

В 2013 году контингент пациентов со злокачественными новообразованиями, состоявших на учете в онкологических учреждениях, составил 2,16% всего населения Российской Федерации. При этом среди злокачественных опухолей в нашей стране рак головы и шеи является одной из наиболее распространенных патологий. Заболеваемость раком данной локализации сохраняется неизменно высокой. Так, в 2013 году показатели заболеваемости составили 24,07 на 100 000 мужчин и существенно ниже среди женщин – 4,3 [33; 34; 39]. Среднегодовой темп прироста заболеваемости раком головы

и шеи составил 1,33%. Медиана возрастного распределения больных с впервые установленным диагнозом злокачественных опухолей головы и шеи с 2003 по 2013 год увеличилась с 60,3 до 60,8 лет [33; 34; 39]. При этом показатели запущенности при диагностике злокачественных новообразований (ЗНО) этих локализаций крайне высоки. Более чем у 69% заболевание было выявлено в поздних стадиях (III–IV) [3; 22; 33]. Показатели летальности достигают 40% и более уже на первом году установления диагноза [32].

Гистологические типы опухолей головы и шеи чаще всего представлены различными формами плоскоклеточного рака [5]. Новообразования данной локализации клинически характеризуются нарушениями функции дыхания, потерей голоса, нарушением глотания и могут привести к гибели больного. Характерными особенностями данной патологии являются быстрый инфильтративный

рост с инвазией прилежащих анатомических структур, а также раннее и множественное метастазирование в регионарные лимфатические узлы. Так, на момент первичного обращения за медицинской помощью в специализированное онкологическое учреждение, более чем половина пациентов уже имеют поражение регионарных лимфатических узлов. По сводным литературным данным, при раке гортани этот показатель составляет более 60%, при раке языка – 60–80% в зависимости от пораженного отдела, при раке боковой и задней стенки глотки – 50–60%, мягкого неба – более 40% [2; 11; 21; 31; 36]. При этом билатеральные метастазы встречаются более чем у 20% пациентов, а при раке корня языка этот показатель составляет 40% [14; 19].

Отдаленные метастазы при злокачественных опухолях головы и шеи диагностируются несколько реже, в 7–20% случаев. Чаще всего гематогенное метастазирование при данной патологии происходит в легкие, лимфоузлы средостения, печень и кости [15; 28; 36].

Несмотря на то, что почти все локализации онкологических заболеваний головы и шеи являются "визуальными", исключая заболевания придаточных пазух носа и среднего уха, диагностировать их иногда сложно из-за объективных трудностей. Так, не всегда доступен обзор и пальпаторному обследованию ряд областей полости рта, глотки и гортани, полости носа и носоглотки. Имеются области, выполненные клетчаткой и длительно не деформирующиеся опухолью, развивающейся вследствие этого бессимптомно.

По мнению большинства отечественных и зарубежных авторов, пациенты с плоскоклеточным раком головы и шеи, имеющие опухоли небольших размеров (T1–2N0M0), могут быть излечены при использовании хирургического и/или лучевого методов лечения. Однако, среди впервые выявленных больных более чем в 65% случаев диагностируют местно-распространенные формы заболевания, при которых указанные варианты лечения не эффективны.

Возможности хирургического лечения при местно-распространенных злокачественных опухолях головы и шеи не только весьма ограничены, но и имеют ряд существенных недостатков. Радикальность оперативного лечения находится в непосредственной зависимости от объема хирургического вмешательства. Однако проведение обширной, а иногда и калечащей операции, приводящей к инвалидизации пациента, эстетическим дефектам, социальной дезадаптации, не снижает вероятность loco-регионарного рецидива и гематогенного метастазирования, которая составляет в среднем 30% [8; 17; 36; 38]. Кроме того, существует проблема послеоперационных осложнений и длительного периода реабилитации

пациентов. Коррекция нарушений после хирургических вмешательств сложна, а зачастую и вовсе безуспешна, что приводит к отказам пациентов от оперативного лечения при наличии консервативных вариантов терапии [35; 40]. По этой причине в настоящее время общепринятой тактикой лечения местно-распространенных форм опухолей головы и шеи является химиолучевая терапия (ХЛТ) [37].

В отличие от обширных калечащих оперативных вмешательств, необходимых при большой распространенности злокачественного процесса данной локализации, неминуемо приводящих к инвалидизации больных, ХЛТ не приводит к потере функции голосообразования, глотания и дыхания. Однако многочисленные исследования свидетельствуют об отсутствии единого стандарта и множестве альтернативных комбинаций в ХЛТ опухолей головы и шеи [4]. Сложность и многообразие данной опухолевой патологии служит причиной для поиска новых способов терапии с использованием самых передовых технологий.

В течение последних 30 лет в мировую клиническую практику были внедрены различные методы рентгеноэндоваскулярной диагностики и лечения. В 2015 году исполнилось шесть лет с момента включения нового направления в номенклатуру специальностей специалистов с высшим и послевузовским медицинским и фармацевтическим образованием в сфере здравоохранения Российской Федерации. Спектр заболеваний, при которых успешно используются рентгеноэндоваскулярные вмешательства (РЭВ) стал достаточно широким. Наибольшую известность РЭВ получили благодаря активному их применению кардиологами с целью коррекции ишемии миокарда. Однако РЭВ также исключительно хорошо зарекомендовали себя и в онкологической практике, что привело к необходимости пересмотра некоторых клинических парадигм.

Однако до настоящего времени рентгеноэндоваскулярные вмешательства достаточно редко применялись в терапии опухолей головы и шеи. Это было связано с техническими сложностями катетеризации сосудов, высоким риском неврологических нарушений вследствие вмешательства, высокой токсичностью применяемых химиотерапевтических препаратов [16]. Но с появлением новых ангиографических методик, которые позволяют быстро, высокоселективно и относительно безопасно устанавливать микрокатетеры в кровяное русло, наблюдается тенденция к более широкому применению метода. Очевидным преимуществом регионарной химиотерапии является продолжительность контакта цитостатика с опухолью, которая зависит от скорости кровотока в артерии и времени, за которое вводится препарат; а также одновременное снижение токсического эффекта на здоровые органы и ткани организма в сравнении с систем-

ной полихимиотерапией. Низкая скорость кровотока в капиллярном русле опухоли создает предпосылки для лучшей адсорбции химиопрепаратов клетками и тканями злокачественного новообразования. Кроме того, при внутриартериальном введении цитостатиков наблюдается расширение спектра противоопухолевых возможностей лекарственных веществ. То есть, резистентные злокачественные клетки при системном введении оказываются чувствительными к тем же самым веществам при регионарном введении. Несмотря на достаточное количество публикаций, до сих пор не существует единого мнения о максимально эффективных режимах внутриартериальной инфузии. Таким образом, проведение сравнительной оценки различных режимов химиотерапии представляет большой научно-практический интерес [1].

Регионарная химиотерапия с эмболизацией кровеносных сосудов или без нее может проводиться как одновременно с лучевой терапией, так и последовательно [6; 7; 12; 13; 23; 24; 25; 27; 30]. Могут использоваться два вида артериальных доступов: трансфеморальный и темпоральный, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки [10; 13; 18; 24].

С одной стороны, инфузии в поверхностную височную артерию оптимальны, однако при них возникают технические сложности катетеризации, дислокации и окклюзии катетера, местные воспалительные осложнения [7; 16; 27]. N. Fuwa с соавт. (2000) проводили одновременную лучевую терапию на фоне длительных темпоральных инфузий карбоплатина в язычные и лицевые артерии. Показатели 2-, 3- и 5-летней общей выживаемости были высокими (73%, 63% и 59% соответственно). Однако дислокация и окклюзия катетера из 41 эндоваскулярного вмешательства имела место в 7 и 2 случаях соответственно. Кроме того, терапию ограничивала гематологическая токсичность. Похожие результаты представлены в исследовании D. Tsurutani с соавт. (2007): уровень опухолевого ответа составил 81,5%. Лечение также осложнялось дислокациями (21%), окклюзиями катетера (2%) и местными воспалительными процессами (8%).

С другой стороны, трансфеморальная катетеризация сопровождается меньшим риском осложнений, но имеет высокий процент возникновения неврологической симптоматики.

Для регионарной химиотерапии опухолей головы и шеи чаще всего применяются препараты платины и таксаны. Одновременное проведение регионарной химиотерапии и лучевой терапии сопровождается высокими показателями местной токсичности. Согласно исследованиям K.N. Robbins (2011), высокий уровень опухолевого ответа (80%) и высокие показатели общей и безрецидивной 5-летней выживаемости (38,8% и 53,6% соот-

ветственно) при данной схеме лечения сопровождаются большими рисками развития токсических реакций 4–5 ст. (44–61%).

Последовательное использование регионарной химиотерапии и лучевой терапии обеспечивает меньший процент токсичности, при этом существенно не уступая одномоментному применению в частоте опухолевого ответа. Согласно исследованию A.F. Kovacs с соавт. (2003), у 3 пациентов из 213 больных раком головы и шеи наблюдались парезы лицевого нерва, еще у 4 – кожные некрозы. 3-летняя общая выживаемость составила 65%.

Химиоэмболизация в лечение опухолей головы и шеи используется достаточно редко. Опубликованных работ, касающихся данной темы, немного и выполнены они на небольших группах пациентов. Дозы препаратов, используемых в исследованиях низкие, информации о частоте побочных эффектов недостаточно, результаты лечения в основном представлены частично. Таким образом, объективно судить об эффективности метода при местнораспространенном раке головы и шеи довольно сложно [13; 20; 25; 26].

В исследовании S. Rohde с соавт. (2006) продемонстрировано усиление противоопухолевой эффективности при сочетании регионарной химиотерапии и эмболизации сосудов кристаллической суспензией цисплатина. Определение концентраций цисплатина в опухоли и плазме крови показало, что при химиоэмболизации концентрация цисплатина в опухоли в 5 раз выше, чем при инфузии (180 мкм против 37 мкм соответственно). При этом уровень ответа первичной опухоли составил 73% против 43% соответственно.

Существуют лишь единичные исследования, посвященные влиянию селективности катетеризации сосудов на результаты терапии. По данным T. Nakasato с соавт. (2000), селективная катетеризация была технически неосуществимой у 15 из 49 больных раком полости рта и ротоглотки. Частота локальных рецидивов при селективной катетеризации была меньше, чем при полуселективной (6% против 13%), но статистически значимой разницы в 5-летней выживаемости больных авторы не обнаружили.

Ikushima с соавт. (2007) сообщили о 100%-ной регрессии метастазов в регионарные лимфоузлы при суперселективной инфузии цисплатина в дозе 50 мг/м в комбинации с лучевой терапией больных раком полости рта против 50% при инфузии в наружную сонную артерию с последующей лучевой терапией [9].

Таким образом, регионарная химиоинфузия с/без эмболизации препаратами платины обеспечивают 35–

68% полных ответов, 23–53% – частичных. 5-летняя общая и безрецидивная выживаемость без учета стадии и локализации опухоли составляет 38–50% и 49,8–53,6% соответственно [13; 24; 29].

Подводя итог настоящему обзору, стоит отметить, что несмотря на значительное количество публикаций, посвященных теме рентгеноэндovasкулярных вмешательств в лечении местно-распространенного рака головы и шеи, многие вопросы остаются без ответа.

Возрастающий в последние годы интерес к органосохраняющим способам терапии местно-распространен-

ных опухолей головы и шеи (в том числе к рентгеноэндovasкулярным вмешательствам) открывает возможности для улучшения качества жизни больных без ущерба для общей и безрецидивной выживаемости.

Использование рентгеноэндovasкулярных вмешательств у данной категории даст возможность более рационально планировать их лечение. В связи с этим, исследование проблемы эффективности регионарной химиотерапии и химиоэмболизации ветвей наружной сонной артерии у пациентов с местно-распространенным плоскоклеточным раком головы и шеи представляется перспективной и важной задачей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Aoki Y., Ang K.K., Harris J., Garden A.S. et al. Concomitant Boost Radiation Plus Concurrent Cisplatin for Advanced Head and Neck Carcinomas: Radiation Therapy Oncology Group Phase II Trial 99-14 // *J. Clin. Oncol.* – 2001. – V. 23. – № 13. – P. 3008–3015
2. Bernier J., Coens C., Remenar E. et al. Impact on quality of life (QoL) of the addition of docetaxel (T) to neoadjuvant cisplatin plus 5-fluorouracil treatment in patients with locally advanced unresectable squamous cell carcinoma of the head and neck (SCCHN): EORTC study 24971 // *J. Clin. Oncol.* – 2006. – Vol. 24. – P. 285–286
3. Bourhis J. New approaches to enhance chemotherapy in SCCHN // *Ann. Oncol.* – 2005. – Vol. 16. – Suppl. 6. – P. 20–24
4. Busch C., Tribius S., Schafhausen P., Knecht R. The current role of systemic chemotherapy in the primary treatment of head and neck cancer // *Cancer Treatment Reviews* – 2015. – Vol. 41 (3). P.217–221
5. Fortin A., Couture C., Doucet R. et al. Does histologic grade have a role in the management of head and neck cancer? // *J. Clin. Oncol.* – 2001. – Vol. 19. – P. 4107–4116
6. Furutani K., Fuwa N., Kodaira T. et al. Continuous selective intraarterial chemotherapy in combination with irradiation for locally advanced cancer of the tongue and tongue base // *Oral. Oncol.* – 2002. – Vol. 38. – P. 145–152
7. Fuwa N., Kodaira T., Furutani K. et al. Intra-arterial chemoradiotherapy for locally advanced oral cavity cancer: Analysis of therapeutic results in 134 cases // *Br. J. Cancer.* – 2008. – Vol. 98. – P. 1039–1045
8. Gourin C.G., Johnson J.T. Surgical treatment of squamous cell carcinoma of the base of tongue // *Head Neck.* – 2001. – Vol. 23. – P. 653–660
9. Ikushima I., Kogori Y., Ishii A. et al. Superselective arterial infusion for squamous cell carcinomas of oral cavity: Histopathologic effects on metastasis neck lymph nodes // *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* – 2007. – Vol. 3. – P. 269–275
10. Kerber C.W., Wong W.H., Howell S.B. et al. An organ-preserving selective arterial chemotherapy strategy for head and neck cancer // *Am. J. Neuroradiol.* – 1998. – Vol. 19. – P. 935–941
11. Kim K.B., Khuri F.R., Shin D.M. Recent advances in the management of squamous cell carcinoma of the head and neck // *Expert Rev. Anticancer Ther.* – 2001. – Vol. 1. – P. 100–110
12. Kitagawa Y., Nishizawa S., Sano K. et al. Prospective comparison of 18F-FDG PET with conventional imaging modalities (MRI, CT, and 67Ga scintigraphy) in assessment of combined intra-arterial chemotherapy and radiotherapy for head and neck carcinoma // *J. Nucl. Med.* – 2003. – Vol. 44. – P. 198–206
13. Kovacs A.F. Chemoembolization using cisplatin crystal as neoadjuvant treatment of oral cancer // *Cancer Biother. Radiopharm.* – 2005. – Vol. 20. – P. 267–279
14. Lefebvre J.L., Lantigau E., Kara A. et al. Oral cavity, pharynx and larynx cancer // *Prognostic factors in cancer (2nd ed.)* / Gospodarowicz M.K. (editor). – New York: John Wiley and sons, 2001. – P. 151–166
15. Licitra L., Locati L.D. Head and neck // *Ann. Oncol.* – 2004. – Vol. 15. – Suppl. 4. – P. 267–273
16. Molinary R., Chiesa F., Cantu G. et al. Prognostic factors in cancer of the oral cavity and anterior oropharynx treated with preliminary neoadjuvant intraarterial chemotherapy followed by surgery // In: Eckardt A. (ed): *Intra-arterial chemotherapy in Head and Neck Cancer – Current Result and Future Perspectives.* – Reinbek: Einhorn-PressVerlag. – 1999. – P. 148–161
17. Mydlarz W., Chan J., Richmon J. The role of surgery for HPV-associated head and neck cancer // *Oral Oncology.* – 2015. – Vol. 51. – P.305–313
18. Nakasato T., Katoh K., Sone M. et al. Superselective continuous arterial infusion chemotherapy through the superficial temporal artery for oral cavity tumors // *Am. J. Neuroradiol.* – 2000. – Vol. 21. – P. 1917–1922
19. Nieder C., Lordick F. Combinations of platinum compounds and ionizing radiation // *Multimodal concepts for integration of cytotoxic drugs.* Ed. Brady L.W. et al. Springer, Heidelberg. – 2006. – P. 93–101
20. Okamoto Y., Konno A., Togawa K. et al. Microcapsule chemoembolization for head and neck cancer // *Eur. Arch. Oto-Rhino-Laryngol.* – 1985. – Vol. 242. – P. 105–111

21. Pivot X., Poissonnet G., Dassonville O. et al. Analysis of overall survival clinical prognostic factors for patients with locally recurrent or metastatic head and neck squamous cell carcinoma // *Oncology*. – 2001. – Vol. 61. – P. 197–204
22. Posner M. R. Evolving strategies combined-modality therapy for locally advanced head and neck cancer // *Oncologist*. – 2007. – Vol. 12. – P. 967–977
23. Rasch C., Hauptmann M., Schornagel J. et al. Intra-arterial versus intravenous chemoradiation for advanced head and neck cancer: Results of a randomized phase 3 trial // *Cancer*. – 2010. – Vol. 116 – P. 2159–2165
24. Robbins K. T., Howell S. B. Reply to Intra-arterial chemotherapy for head and neck cancer: Is there a verdict? // *Cancer*. – 2011 – Vol. 117 – P. 874–875
25. Rohde S., Turowski B., Berkefeld J. et al. Clinical and histopathological results after local chemoembolization of oral and oropharyngeal carcinoma – comparison with intra-arterial chemoperfusion in Germany // *RoFo*. – 2006. – V. 178. – P. 978–986
26. Tomura N., Kato K., Hirano H. et al. Chemoembolization of maxillary tumors via the superficial temporal artery using a coaxial catheter system // *Radiat. Med.* – 1998. – Vol. 16. – P. 157–160
27. Tsurumara D., Kuroiwa T., Yabuuchi H. et al. Efficacy of intra-arterial infusion chemotherapy for head and neck cancer using coaxial catheter technique: Initial experience // *Cardiovasc. Intervent. Radiol.* – 2007. – Vol. 30. – P. 207–211
28. Vermorken J.B. Medical treatment in head and neck // *Ann. Oncol.* – 2005. – Vol. 16. – Suppl. 2. – P. 258–264
29. Wilson W.R., Siegel R.S., Harisiadis L.A. et al. High-dose intra-arterial cisplatin therapy followed by radiation therapy for advanced squamous cell carcinoma of the head and neck // *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.* – 2001. – Vol. 127. – P. 809–812
30. Yamashita Y., Goto M., Katsuki T. Chemotherapy by superselective intra-arterial infusion of nedaplatin combined with radiotherapy for oral cancer // *Gan to Kagaku Ryoho*. – 2002. – Vol. 29. – P. 905–909
31. Алиева С.Б. Химиолучевая терапия больных с местнораспространенным плоскоклеточным раком головы и шеи // "Практическая онкология", ГУ РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН, Москва Т. 9, № 1 – 2008, С. 27–30
32. Грецова Н.В., Петрова Г.В., Старинский В.В., Харченко В.В. Состояние диагностики злокачественных новообразований в России в 2008 году // *Материалы VII съезда онкологов России*. – 2009. – С. 32–33
33. Давыдов М.И., Аксель Е.М. Статистика злокачественных новообразований в России и странах СНГ в 2005 г. // *Вестник Российского онкологического научного центра имени Н.Н. Блохина*. – 2007. – Т. 18 (приложение 1).
34. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В.; Злокачественные новообразования в России в 2013 году (заболеваемость и смертность): МНИОИ им. П.А. Герцена филиал ФГБУ "ФМИЦ им. П.А. Герцена" Минздрава России. 2015, 250 с.
35. Кропотов М.А., Соболевский В.А. Сегментарная резекция нижней челюсти с одномоментной реконструкцией у больных злокачественными новообразованиями полости рта // *Современная онкология*. – 2006. – Т. 8. – № 3. – С. 12–21
36. Матякин Е.Г., Паршикова СМ. Прогностическое значение некоторых клинических и морфологических признаков регионарных метастазов рака языка // *Вест. ВОНЦ АМН СССР*. – 1990. – № 2. – С. 33–35
37. Сокурено, В.П. Рентгеноэндovasкулярные вмешательства в комбинированном лечении опухолей головы и шеи: обзор литературы // *Вопросы онкологии*. – 2009. – Т. 5. – № 2. – С. 136–142
38. Танеева А.Ш., Матякин Е.Г., Азизян Р.И. с соавт. Комбинированные реконструктивные операции при распространенных опухолях орофарингеальной зоны // *Современная онкология*. – 2002. – Т. 4. – № 3. – С. 124–126
39. Чиссов В.И., Давыдов М.И. Онкология. Национальное руководство. Краткое издание – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013, 576с.
40. Чучков В.М., Матякин Е.Г., Азизян Р.И. с соавт. Ортопедическая реабилитация онкологических больных с дефектами верхней челюсти // *Современная онкология*. – 2006. – Т. 8. – № 3. – С. 28–34

© Ю.С. Константинова, Е.Ю. Устинова, А.Н. Редькин, ( konstantinova\_ys@list.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики».





## КОНТАКТНАЯ КОРРЕКЦИЯ РУБЦОВОГО АСТИГМАТИЗМА

### CONTACT ASTIGMATISM CORRECTION RUMEN

*O. Selina*

#### Annotation

Scarring of the cornea are fairly common among ocular pathology. The etiology of their different: transferred pathology (eg, keratitis, corneal ulcer), corneal surgery, corneal transplanted, penetrating injuries. This review discusses the various principles and methods for correcting astigmatism rumen, systematic approach to the correction of contact lenses.

**Keywords:** scarring of the cornea astigmatism contact lenses.

#### Аннотация

Рубцы роговицы достаточно широко распространены среди глазной патологии. Этиология, как правило, различна: перенесенные воспалительные заболевания (например, кератиты, язва роговицы), операции на роговице, проникающие ранения. В обзоре рассматриваются различные принципы и методы коррекции рубцового астигматизма, систематизирован подход к коррекции контактными линзами.

#### Ключевые слова:

Рубцы роговицы, астигматизма, контактные линзы.

В последние десятилетия при проникающих ранениях глаз с повреждением роговицы применяют более совершенную микрохирургическую технику, внедряют высокоэффективные лекарственные средства. В связи с этим встает вопрос не только о сохранении глаза, как косметического органа, но и о получении лучших функциональных результатов [1, 2, 3, 4, 5]. Несмотря на проводимое лечение почти у трети пациентов с ранениями роговицы не удаётся достигнуть высокой остроты зрения из-за развития деформации роговой оболочки при формировании рубца, что приводит к возникновению астигматизма [6, 7].

Достаточно разнообразное состояние глаз, большая вариация клинических особенностей проникающих ранений, что делает каждую рану не похожей на другую и значительно затрудняет прогнозирование исходов травм [8, 9]. При повреждениях роговицы необходимо учитывать особенность рубцевания, состояние эндотелия, отсутствие или наличие собственного астигматизма и др. Всё это воздействует на вид и характер рубца роговицы, приводящего к её посттравматической деформации и формированию рубцового астигматизма [10, 11, 12].

Наибольшее значение в образовании астигматизма, преимущественно при неправильном наложении швов (с перетягиванием), авторы придают направленности рубца – астигматизм менее выражен при радиальном и более

выражен при тангенциальном направлении раны.

В своей работе А.Р.Филимонов обозначил две категории рубцов по направлению: радиальные – направленные от периферии к центру, формирующие астигматизм в среднем 4,8 дптр. и тангенциальные, направленные параллельно касательной к окружности роговицы (астигматизм в среднем 4,1 дптр.). Рубцы в центральной зоне были отнесены в отдельную группу (астигматизм в среднем 6,3 дптр.). Рубцы в одном направлении, но имеющие различную структуру, вызывают неодинаковые перемены в рефракции. При тонком радиальном рубце рефракция в соответствующем меридиане ослабевала, в то время как при грубых рубцах, наоборот, усиливалась. Среднее значение астигматизма при грубом рубце увеличивалась на 2,0–2,5 дптр по сравнению с тонким. Величина астигматизма при тонких рубцах не превышала 4,0 дптр., и лишь при центральной локализации астигматизм достигал 6,0 дптр., при грубых рубцах имела место средняя и высокая степень астигматизма [13].

И.А.Ермилова, изучая посттравматического астигматизма роговицы у детей, обращает внимание на формирование смешанного, сложного гиперметропического и миопического астигматизма, требующего создания индивидуальной схемы рефракционной коррекции на основе компьютерного моделирования [14].

Вопросы, посвященные первичной хирургической об-

работки проникающих ранений роговицы достаточно подробно разобраны в работах многих авторов. В нашей стране современные подходы к обработке проникающих ранений глаза разработаны и внедрены в практику основоположниками микрохирургии – Р.А.Гундоровой, М.М.Красновым, П.И.Лебеховым, В.В.Волковым [15, 16, 17]. Основными задачами в первичной хирургической обработке проникающего ранения являются: иммобилизация оболочек, полное анатомическое восстановление целостности капсулы глаза, устранение дефектов тканей, а так же всех нарушений в структуре глазного яблока и его вспомогательного аппарата [15]. Даже точная микрохирургическая обработка проникающих ранений с использованием ультрасовременных шовных материалов не всегда позволяет избежать её рубцовой деформации, приводящей к формированию посттравматического астигматизма [18], но тем не менее, Р.А.Гундорова с соавторами обращает внимание на то, что правильная и своевременная хирургическая обработка проникающих ранений глаза имеет основное решающее значение в профилактике посттравматической рубцовой деформации роговицы и развития тяжело поддающегося коррекции неправильного астигматизма [19, 20].

При проникающих ранениях роговицы до 3,0 мм, с адаптированными ровными наружными и внутренними краями, не требуют шовной фиксации. Линейные раны, размерами 3–5 мм, обрабатываются 1–2 узловыми швами или Z-образным швом. При ранах роговицы, длиной более 5 мм рекомендуется наложение непрерывного шва. При уменьшении глубины проведения нити, при её перетягивании, увеличение шага шва и расстояния между швами происходит нарушение адаптации краёв раны, отёк стромы роговицы и формирование грубого рубца [19, 20].

Важную роль на формирование рубца оказывает время проведения первичной хирургической обработки раны. Доказана взаимосвязь в формировании ширины рубца в зависимости от времени наложения швов на рану: при первичной хирургической обработке раны до 12 часов формировался тонкий рубец, более 24 часов – грубый, широкий с помутнением стромы [21].

В целях сохранения сферичности роговицы и исключения грубого астигматизма, основное значение имеют: шаг, частота наложения шва, степень натяжения шва, качество игл и шовного материала [22, 23]. В настоящее время нет единого подхода к выбору способа наложения швов с учётом величины, локализации и характера проникающего ранения. Были предложены сквозные узловые швы (Б.Л.Поляк 1972, М.Л.Краснов 1976), П-образные швы на глубину Уг толщины роговицы (Л.Ф.Линник 1969), непрерывные, с промежуточной фиксацией, г-образные, X-образные, комбинированные и др. (Джа-

лишвили О.А., Логинов Г.Н., 1985).

Более успешным способом шовной фиксацией проникающих ранений роговицы известна методика, при которой шов увеличивают до 1,5–2,0 мм, погружают узел и дополнительно накладывают мягкую контактную линзу непрерывного ношения, способствующую быстрой эпителизации раны, тонкому рубцеванию и уменьшению астигматизма в среднем на 1,25дптр [24].

Подходы к первичной хирургической обработке роговой оболочки глаза совершенствуются с целью создания максимально благоприятных условий для процессов репаративной регенерации повреждённой ткани.

Лечение и реабилитация данной категории пациентов является одной из наиболее сложных, актуальных и социально значимых проблем в современной офтальмологии, ведущих к слепоте ислабовидению, что подчёркивается также большим количеством лиц молодого, трудоспособного возраста. [19].

Все пациенты с астигматизмом, имеют характерные признаки и жалобы: нечеткое зрение, неустранимое увеличение оптической силы сферы; улучшение остроты зрения при наклоне головы; трудности при работе на близком расстоянии (работа на компьютере, чтение); необходимость прищуриваться; жалобы на усталость глаз при зрительной нагрузке; головные боли; монокулярное двоение даже при высокой остроте зрения.

Вышеуказанные жалобы значительно снижают трудоспособность. Лица, имеющие астигматизм и не получающие полной коррекции, сталкиваются с дополнительным зрительным дискомфортом в условиях низкой освещенности, в вечернее и ночное время, за рулем автомобиля, подвергая свою жизнь опасности [27].

Астигматизм является наиболее сложной аномалией рефракции с точки зрения коррекции. Известно, что очковая коррекция астигматизма зачастую сопровождается плохой переносимостью, а наибольшая сила переносимого цилиндра в большинстве случаев не превышает 2,00дптр. К причинам плохой переносимости очковой коррекции астигматизма можно отнести побочные эффекты очковых линз: возникновением анизейконического и призматического эффектов. Разница в преломляющей силе по основным меридианам в глазу, а также между глазами, характерная при коррекции астигматизма, приводит к возникновению анизейконии и анизоеккомодации, а призматический эффект очковой сфероцилиндрической линзы способствует возникновению анизопсии. Контактная линза образует единый комплекс линза-глаз, двигается вместе с глазным яблоком при поворотах глаза и не вызывает вышеперечисленных негативных

эффектов, исходя из этого контактная коррекция является абсолютным показанием для коррекции астигматизма. Корректировать астигматизм возможно жесткими или мягкими торическими линзами. Астигматизм выше 3,00дптр предпочтительней корректировать жесткими контактными линзами, выполненному по индивидуальному дизайну. Однако жесткие контактные линзы требуют более длительной адаптации и менее комфортны при ношении [28].

Мягкие торические линзы имеют преимущества в комфорте при ношении, обусловленное мягкостью материала в сравнении с жесткими линзами, а также значительно улучшают зрительное восприятие, в связи с тем, что они менее подвижны по сравнению с жесткими контактными линзами [29].

У торической контактной линзы имеются две оптические силы, расположенные в основных двух ее сечениях. Оптические силы торической линзы соответствуют сильному и слабому меридиану роговицы, что способствует правильной фокусировке. В очках эта задача решается проще, так как очковая линза уже фиксирована в оправе, расположенной на лице пациента. В случае с контактной линзой достижение поставленной цели усложняется, в связи с тем, что линза подвержена естественной ротации во время моргания. Для сведения к минимуму вращения торические линзы в своём дизайне имеют специальные стабилизаторы [30].

Существуют два основных стабилизатора в торической контактной линзы: призматический балласт и непризматический балласт (двойные тонкие зоны, тонкие зоны с независимой толщиной в оптической зоне, дизайн ускоренной стабилизации) [31, 32]

Стабилизация большинства торических контактных линз осуществляется методом призматического балласта, при этом линза имеет ассиметричный дизайн. В основе указанного метода лежит изменение толщины линзы и взаимодействие с верхним веком. При рассмотрении профиля, линза заметно утолщена в своей нижней части.

К непризматическому дизайну мягких торических контактных линз относятся торические линзы, стабилизация которых достигается за счет двойных тонких зон, тонких зон с независимой толщиной в оптической зоне и дизайном ускоренной стабилизации. Линзы описанного дизайна симметричны относительно осей. Стабилизация происходит при взаимодействии век и линзы. В этом случае оба века играют активную роль в процессе стабилизации линзы, что отличает их от линз с призматическим балластом, где изначально задействовано лишь верхнее веко. Такая геометрия позволяет исключить влияние си-

лы тяжести на смещение линзы. Под веками находятся тонкие зоны линзы, а веки, сдавливая их, в свою очередь удерживают линзу от смещения [33].

Еще одним видом стабилизации мягкой торической линзы является метод дизайна ускоренной стабилизации. Дизайн ускоренной стабилизации снижает взаимодействие линзы с веками, что означает большую стабильность линзы на глазу, благодаря чему пациенты с астигматизмом имеют постоянно стабильное зрение.

Пациентам с астигматизмом выше 3,00дптр, а так при неправильном астигматизме рекомендуется подбор жестких контактными линзами, выполненному по индивидуальному дизайну [28].

Жесткие контактные линзы вытачиваются из полимерных материалов, позволяющих сохранять форму контактной линзы неизменной. При этом применяются как не пропускающие газы материалы (например, PMMA), так и газопроницаемые материалы, имеющие в своем составе фтор и силикон. В свою очередь жесткие контактные линзы делятся на склеральные и роговичные линзы.

В клинической практике применяются жесткие газопроницаемые линзы. В сложных случаях коррекция зрения с помощью жестких линз имеет ряд преимуществ. Современным жестким линзам свойственны такие особенности как высокие показатели пропускания кислорода, устойчивость к отложениям, а также они не подвержены дегидратации (их влагосодержание практически равно нулю). Жесткие контактные линзы характеризуются превосходными оптическими свойствами, которые неизменны даже при низкой влажности воздуха [34].

Глаз и контактная линза образуют единую оптическую систему, основная цель которой – обеспечить максимальную остроту зрения. При этом линза не должна травмировать роговицу и существенно нарушать метаболические процессы в ней. Питание и дыхание роговицы обеспечивается, в основном, слезной жидкостью, в которой циркулирует растворенный кислород и питательные вещества. Дисбаланс корнеальных обменных процессов сводится к минимуму, если использовать линзы из высококислородопроницаемых материалов, и регулярный обмен слезы в подлинзовом пространстве [35].

Для разработки оптимального дизайна жесткой контактной линзы необходимы точные данные о топографии роговицы.

Данные, полученные при исследовании роговицы с помощью фотокератометрии, позволили точно описать топографию роговицы в норме и при патологии [36].

Исследования роговицы при эмметропии, а так же при различных видах и степенях аномалий рефракции позволили выявить общие закономерности, определяющие топографию роговицы при всех типах рефракции, в разных возрастных группах, а также при афакии:

- ◆ роговица асферична (радиус кривизны имеет тенденцию к увеличению от центра к периферии), и эта асферичность наиболее выражена на периферии, чем в центральной ее части;

- ◆ большинство роговиц имеет торическую форму, при этом величина корнеальной торичности в центральной зоне не имеет существенного отличия от торичности на периферии. Как правило, роговица асимметрична и уплощение в височную сторону более выражено, чем в носовую.

- ◆ установлено, что имеется различие радиусов кривизны роговицы в зависимости от типа рефракции: при миопии роговица более "крутая", при гиперметропии – более "плоская".

- ◆ для афакии характерна большая корнеальная асимметрия, выявляется разница торичности в центре и на периферии (в центре торичность больше, чем на периферии), что соответственно обратному астигматизму и, чаще, астигматизму с косыми осями.

- ◆ при астигматизме определяющим фактором в топографии роговицы, является ее торичность. Установлена прямая зависимость между величинами торичности роговицы и степенью астигматизма. Это связано с тем, что в большинстве случаев роговичный астигматизм определяется деформацией роговицы. При этом, как указывалось выше, центральная торичность и периферическая практически не различимы (разница не более 0,04–0,05 мм). Однако не исключены случаи (их частота не более 2%), когда торичность в центре меньше или больше, чем на периферии (в этом случае различие превышает 0,05 мм).

Роговицы, чьи параметры не подчиняются общим закономерностям, отнесены к категории "нерегулярных", показательным примером которых является роговица с рубцовыми изменениями после травмы и при кератоконусе. Больные с нерегулярными роговицами составляют наиболее тяжелую группу пациентов, нуждающихся в контактной коррекции, причиной чего является резкая деформация роговицы.

Исследование нерегулярных роговиц с рубцовыми деформациями (вследствие заболевания, травм) показало их значительную вариабельность и не позволило установить какие-либо топографические закономерности.

В настоящее время жесткие контактные линзы занимают значительное местосреди других методов коррекции рубцовых изменений роговицы, так как контактная

линза, благодаря своей неизменной форме, нейтрализует неровности и деформации роговицы, что компенсирует аберрации и дает возможность воссоздать на сетчатке четкое и высококонтрастное изображение и повысить остроту зрения [36].

Работы, посвященные изучению контактной коррекции при аномалиях рефракции вследствие рубцовых изменениях роговицы, в частности, последствия травм, многочисленны (Dada VK, Agarwal LP, Martin S, 1975, Smiddy WE, Hamburg TR, Kracher GP, 1989, Elliot DB, Whitaker D, 1991, Jupiter DJ, Katz HR., 2000, Titiyal JS, Das A, Dada VK, Tandon R, Ray M, Vajpayee RB, 2006). В 1989 г. Smiddy WE et al. Провели ряд исследований, посвященных оценке эффективности применения жестких контактных линз при рубцовых изменениях роговицы, как альтернативе хирургическому вмешательству и пришли к выводу, что жесткие контактные линзы остаются наиболее оптимальным вариантом коррекции [37].

В 1995 г. Kanpolat A, Ciftci OU. провели обследование 33 пациентов (33 глаза) с посттравматическим астигматизмом. Результаты исследований, полученные авторами, также подчеркивали оптимальную коррекцию посттравматических изменений роговицы при помощи жестких контактных линз. В ходе данного исследования 27 из 33 пациентов (82%) в течение всего периода наблюдения (19,3 месяца) дали стабильную остроту зрения. Неудовлетворительные результаты были получены у 6 пациентов с развившейся амблиопией, у 2 пациентов в связи с низкой мотивацией носить контактные линзы, а 2 пациента с непереносимостью жестких линз. В 3 случаях (9%) на фоне ношения жестких линз развился кератит. В работе J.S. Titiyal et al. было проведено исследование 40 пациентов с рубцовыми изменениями роговицы в результате проникающей травмы роговицы. Авторы провели сравнительный анализ с использованием у данной группы пациентов очковой коррекции и контактной коррекции, при помощи жестких контактных линз. Согласно данным, опубликованным в работе J.S. Titiyal et al., острота зрения > 6/18 по Снеллену наблюдалась у 10 пациентов (25%) при очковой коррекции и у 37 (92,5%) при использовании жестких контактных линз. Средняя острота зрения с максимальной коррекцией в случае использования очков составила  $0,20 \pm 0,13$ , в то время как при использовании жестких контактных линз  $0,58 \pm 0,26$ .

Из результатов исследования становится очевидным, что жесткие контактные линзы являются наиболее оптимальным вариантом коррекции при рубцовых деформациях роговицы. В исследовании также прошло сравнение результатов коррекции контактными линзами и очковой коррекции при различной топографии рубца (центральной/парацентральной/периферической). Преимущество в использовании контактной коррекции наблюдалось

во всех трех группах. Из 40 пациентов лишь 1 пациент прекратил использование жестких контактных линз из-за развития индивидуальной непереносимости. Учитывая молодой возраст пациентов с травматическими изменениями роговицы в большинстве случаев жесткие линзы переносятся хорошо [38].

Для усовершенствования подбора оптимальной кор-

рекции при рубцовом астигматизме на сегодняшний день актуальна разработка новых дизайнов контактных линз, а так же внедрение новых материалов для их изготовления. Среди многочисленных типов контактных линз важно выделять наиболее безопасные для роговицы в процессе ношения. Необходимо дальнейшее исследование и разработка единого подхода в определении показаний к тому или иному типу и дизайну контактных линз.

#### ЛИТЕРАТУРА

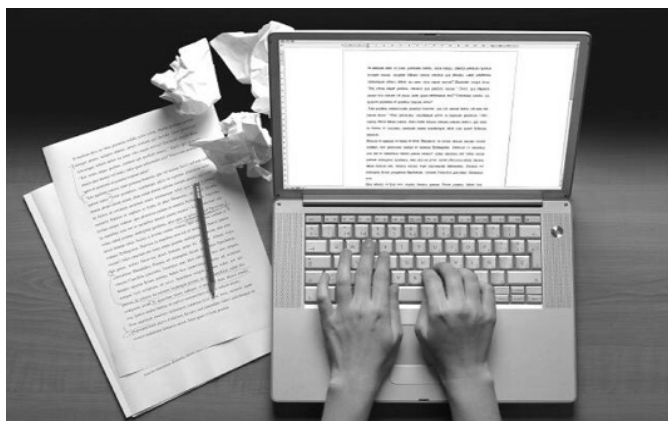
1. Амансахатов Ш.А., Волховская З.П. Особенности регенерации роговицы после тяжёлых ранений и кератопластики // Микрохирургия глаза: Тез. докл. научн. конф. посвящ. 100-летию каф. офтальмол.– JL, Медицина.–1990.– С. 148–149.
2. Амансахатов Ш.А. Реконструктивная кератопластика при проникающих ранениях роговицы и их последствиях // Дис. докт. мед. наук. Ашхабад, 1990.– 310с.
3. Андрэ М., Керолайн Д. Опыт назначения и подбора контактных линз при астигматизме. Глаз 2001; 3: 8.
4. Арнаутова Л.В. Особенности регенерации роговицы при механических и химических повреждениях // Реабилитация больных с патологией органа зрения: Тез. научн. докл. с уч. иностр. спец.– Одесса, 1986.– С. 46–47.
5. Балашевич Л.И., Качанов А.Б., Никулин С.А., Головатенко С.П., Титов А.В. Первые результаты исследования сферических аберраций высокого порядка при эмметропии // Фёдоровские чтения– 2002.–
6. Балашевич Л.И. Оптические аберрации глаза: диагностика и коррекция. // Окулист. – 2001. – №6(22). – С. 12–15.
7. Бузало А.Ф. Варианты наложения швов при проникающих ранениях роговицы // Офтальмол. журн.– 1981.– №4.– с.200–203.
8. Волков В.В. О современных тенденциях в определении задач хирургической обработки травм глаза // Офтальмол. журн.– 1989.– №7.– С.286–287.
9. Гайдамака Т.В. Новые синтетические отечественные шовные материалы в микрохирургии переднего отдела глаза // автореф. дис. докт. мед. наук.– Одесса, 1990.– 16с.
10. Гилазетдинов К.С. Неотложная реконструктивная хирургия проникающих ранений глазного яблока // Дис. ...канд. мед. наук. М., 1996.– 186с.
11. Груша О.В., Чердниченко Л.П. Биологическая защита непроникающих ранений роговицы, как способ регуляции регенерации роговицы // Хирургия посттравматических осложнений переднего отрезка глаза с последующей диспансеризацией: Тез. докл. науч.–практ. конф.– Смоленск.– М., 1990.– С.77–78
12. Гундорова Р.А. Принципы первичной хирургической обработки осколочных ранений глаза // Офтальмол. журн.– 1989.– №7.– С.389–393.
13. Гундорова Р.А., Малаева А.А., Южаков А.М. Травмы глаза.– М., Медицина 1988.– 368с.
14. Гундорова Р. А., Кашников В.В. Повреждения глаз в чрезвычайных ситуациях. – Новосибирск: СО РАМН, 2002. – 240 с.
15. Гундорова Р.А. Система ПХО осколочных ранений глаза.// Травмы органа зрения: Тез. докл. М., –1985.–с.3.
16. Ермилова И.А. Коррекция посттравматического астигматизма у детей. // Актуальные вопросы офтальмологии: Сб. работ научно–практ. Конф. Офтальмологов России поев. 100–летию Вологодской офтальмологической больницы.–Вологда, 1997.– 117–119.
17. Киваева А.А., Курсаков А.В. Контактная коррекция зрения при астигматизме: Методические рекомендации.– М., 1994.–14с.
18. Лещенко И.А. Практическое руководство по подбору мягких контактных линз. С.–Пб, РА Веко 2008, с. 108–118.
19. Лещенко И.А. Транудис. Я.Г. Астигматизм и подбор мягких торических КЛ. Современная оптометрия 2008; 5, 6, 7: 6–12.
20. Либман Е.С. Современные позиции клинико–социальной офтальмологии // Вестн. офтальмологии. – 2004. – № 1. – С. 10–12.
21. Логай И.М., Венгер Г.Е., Чуднявцева Н.А. Диспансеризация больных с последствиями травм органа зрения // Офтальмол. журн.– 1989.– №1.– С. 3–6.
22. Намазова И.К. Механическая травма глаза и ее особенности в группе пациентов старшего возраста // Российский офтальмологический журнал – 2014 Том7 №2, С 47–52.
23. Пайзер Я. Астигматизм и мягкие торические контактные линзы. Вестник оптометрии 2007; С: 17–19.
24. Салли А. Обратимся к торике: современные мягкие торические контактные линзы // Вестник оптометрии – 2015 №4.
25. Фёдоров С.Н., Егорова Э.В. Хирургическое лечение травматических катаракт с интраокулярной коррекцией.– М.: Медицина, 1985.– 327с.
26. Филимонов А.Р., Бойко А.В. Профилактика астигматизма при проникающих ранениях роговицы // Восстановительная хирургия при повреждениях органа зрения.: Тез. Международ. симп.– Телави, 1986.– С 7–9.
27. Филимонов А.Р. Хирургическая коррекция посттравматического рубцового астигматизма: Дисс к.м.н. – М., 1991.– 75с.
28. Чабров А.Е. Профилактика рубцового посттравматического астигматизма путём выбора оптимального шовного материала при проведении ПХО проникающего ранения роговицы: Дис. канд. мед. наук: М., 1999.–131с.
29. Benjamin W.J. Borish's clinical refraction. 2006, P.682–715, 1246–1260.
30. Efron N. Contact lens practice. Boston, 2002, p.23–45, p.261–272.
31. Fuller D.G., Hutton W.L. Prediction of postoperative vision in eyes with severe trauma // Retina.– 1990.– V.10(suppl.1) P.20–34

32. Gasson A., Morris J. The contact lens manual. London, 2003, p. 54–71, 225–227, 282–293.
33. Hom, M. M. Consider lid geometry when fitting RGP lenses / M. M. Hom, A. S. Bruce // Ocular. Surgery News. US Edition. 2000. June. N 1.
34. Kenyon K.P. Penetrating keratoplasty and anterior segment reconstruction for severe ocular trauma // Ophthalmology.–1992.– V.99– №3.– P.396–402.
35. Morgan P.B., Woods C.A, Hickson–Curran K.S, Rocher I. International contact lens prescribing in 2007. A new daily wear silicone hydrogel lens for astigmatism. Optician 2005; 232(6067): 27–31.
36. McMahon T.T. Corneal Trauma: classification and management// J. Am. Ophthalmol, assos.– 1992.– V.62.–№3.–P.170–178.
37. Smiddy WE, Hamburg TR, Kracher GP, Gottsch JD, Stark WJ. Contact lenses for visual rehabilitation after corneal laceration repair. Ophthalmology. 1989;96:293–298.
38. Titiyal JS, Das A, Dada VK, Tandon R, Ray M, Vajpayee RB. Visual performance of rigid gas permeable contact lenses in patients with corneal opacity. CLAO J. 2001;27:163–165.
39. Thibos L.N. Principles of Hartmann–Shack Aberrometry // J. Refract. Surg. – 2000.– Vol. 16. – No 5. – P. 563–565.
40. Xiong Y., Lu Y., Qu X., Xue F., Chu R., He J.C. Investigation of wavefront aberrations for patients with cataract surgery // Invest Ophthalmol Vis Sci. – 2002. – Vol. 43. – №12.–P. 387.

© О.М. Селина, ( oselina@list.ru ), Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»,



ФГБУ "Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца"



## НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

**Avanesov A.** – *D. Professor head the Department of General and clinical dentistry, Vice Dean medical Institute of PFUR*

**e-mail** : am\_avanes@list.ru

**Berihanova R.** – *First Moscow State I.M. Sechenov Medical*

**e-mail** : rumiska07@mail.ru

**Derbitova V.** – *"Volgograd State Medical University"*

**e-mail** : derbitova.valera@yandex.ru

**Germanovich O.** – *Ph.D., professor at the National University of the mineral resource "Mountain"*

**e-mail** : ikatsan@hotmail.com

**Grigalashvili A.** – *Assistant Professor of automation of technological processes, Berezniki branch VPO "Perm National Research University"*

**e-mail** : atp@bf.pstu.ru

**Katsan I.** – *"Volgograd State Medical University"*

**e-mail** : nata.klimova@mail.ru

**Klimova N.** – *"Volgograd State Medical University"*

**e-mail** : Klimova 1977@mail.ru

**Klimova T.** – *"Volgograd State Medical University"*

**e-mail** : Klimova 1977@mail.ru

**Konstantinova Y.** – *PhD student, Medical University "Voronezh State Medical University.NN Burdenko"*

**e-mail** : konstantinova\_ys@list.ru

**Minenko I.** – *First Moscow State I.M. Sechenov Medical*

**e-mail** : rumiska07@mail.ru

**Ostankov A.** – *Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Radio Engineering of Voronezh State Technical University*

**e-mail** : avostankov@mail.ru

**Pankratov I.** – *Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky*

**e-mail** : PankratovIA@info.sgu.ru

**Rakhimov I.** – *Kazan (Volga region) federal university*

**e-mail** : muhtasar\_08@mail.ru

**Redkin A.** – *MD, BUZ IN "Voronezh Regional Clinical Oncology Dispensary", Medical University "Voronezh State Medical University.NN Burdenko"*

**e-mail** : konstantinova\_ys@list.ru

**Sedov V.** – *Maritime State University named after G.I. Nevelskoi, Vladivostok*

**e-mail** : nellyfish81@mail.ru

**Sedova N.** – *Maritime State University named after G.I. Nevelskoi, Vladivostok*

**e-mail** : nellyfish81@mail.ru

**Selina O.** – *Head of the Department – ophthalmologist FGBU "Moscow Research Institute of Eye Diseases, Helmholtz "Russian Ministry of Health"*

**e-mail** : oselina@list.ru

**Shapovalov K.** – *PhD (Physico-Mathematical), Assistant Professor, Krashoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voyno-Yasenetsky*

**e-mail** : sh\_const@mail.ru

**Shchetinin N.** – *Teacher of Chair Bases of aRadio Engineering and Electronics of the Voronezh Institute of the Russian Federal Penitentiary Service*

**e-mail** : nikita.shetinin@mail.ru

**Shpenst V.** – *National Mineral Resources University (Mining University), Saint-Petersburg*

**e-mail** : Zhsaryuna@ya.ru

**Sikhanova N.** – *Kazan (Volga region) federal university*

**e-mail** : muhtasar\_08@mail.ru

**Sirotkin G.** – *Astrakhan State Technical University*

**e-mail** : svb\_61@mail.ru

**Stepanov V.** – *"Volgograd State Medical University"*

**e-mail** : Arch-100590@rambler.ru

**Suchkov A.** – *Lianozovo Electromechanical Plant Research and Production Corporation, Moscow*

**e-mail** : avsu@bk.ru

**Tushavin V.** – *Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation*

**e-mail** : tushavin@gmail.com

**Unru N.** – *Ph. D., Associate Professor, Novosibirsk State Technical University*

**e-mail** : nickonro@ngs.ru

**Ustinova E.** – *MD, Medical University "Voronezh State Medical University.NN Burdenko"*

**e-mail** : konstantinova\_ys@list.ru

**Volodina Yu.** – *Assistant, Department of. process automation, Berezniki branch VPO Perm National Research Polytechnic University*

**e-mail** : Ojulia\_volodina@mail.ru

**Zhambalova S.** – *National Mining University, Saint-Petersburg*

**e-mail** : Zhsaryuna@ya.ru

**Zurnachyan A.** – *Graduate student, Department of General and clinical dentistry medical Institute people's friendship University*

**e-mail** : am\_avanes@list.ru

## Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно–практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе "Антиплагиат".

**За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.**

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно–практический журнал "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

### Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением ".doc", или ".rtf", шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Список литературы составляется в соответствии с ГОСТ 7.1–2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

### Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

### Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0–11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные – 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф–редактору научно–практического журнала "Современная наука: актуальные проблемы теории и практики" ( e–mail: redaktor@nauteh.ru ).